

Bestaande kennis over fysiologische kwaliteits- afwijkingen bij witlof

Inventarisatie van bestaande gegevens
en inzichten met betrekking tot
roodverkleuring en andere fysiologische
kwaliteitsafwijkingen bij witlof

J.A. Reerink

ab-dlo

Inhoudsopgave

	pagina
1. Inleiding	1
2. Inventarisatie van literatuur	3
2.1. Roodverkleuring	3
2.2. Bruinrand	10
2.3. Pitgroei en bruine pit	17
3. Interviews	21
3.1. Optreden kwaliteitsafwijkingen	21
3.2. Teeltfactoren en adviezen	23
3.3. Kwaliteit in de praktijk	27
3.4. Ontbrekende kennis	30
4. Conclusie	31
Literatuur	35

1. Inleiding

Bij de witloftrek treden onregelmatig en onvoorspelbaar problemen op met betrekking tot de kwaliteit van de krop. Recent is grote schade geleden door het optreden van roodverkleuring. Eerder zijn problemen met bruine pit, lange pit en losheid of lengte van de krop gesignaleerd. De steeds terugkerende afwijkingen van de gewenste kwaliteit zijn reden tot zorg, zeker nu de markt geen groei meer vertoont, en steeds sterker de nadruk ligt op kwaliteit.

De verbetering van de witloftrek over de afgelopen decennia is vooral gestuurd vanuit de praktijk, hierin sterk ondersteund door het praktijkonderzoek. Veel van de kwantitatieve en kwalitatieve verbeteringen in de produktie zijn gebaseerd op empirisch vastgestelde relaties en betreffen zowel effecten via de teelt, de bewaarcondities als de trekomstandigheden. Zodra zich bijzondere situaties voordoen, die niet in beschouwing genomen zijn bij de vaststelling van de empirische relaties, kunnen onvoorziene afwijkingen optreden. Bij het CABO-DLO (nu AB-DLO) is een aanzet gegeven tot een betere onderbouwing van de optimalisering van teelt, bewaring en trek door de fysiologische processen, die tijdens koude bewaring en het forceren optreden in wortel en krop, in kaart te brengen. Een goed inzicht in de beschikbare kennis en wijze waarop de praktijk gebruik maakt van de mogelijkheden de forceercondities aan te passen voor het vermijden van een kwalitatief slecht forceerresultaat bij een zo gering mogelijk verlies aan produktievermogen ontbreekt grotendeels.

Daarom bestond de wens een inventarisatie uit te voeren van bestaande experimentele gegevens, algemene (fundamentele en praktijk-)kennis, hiaten hierin, en de knelpunten bij interpretatie en implementatie hiervan in de praktijk. Hoewel de behoefte aan deze inventarisatie met name voortkwam uit de recente problemen met roodverkleuring werd het wenselijk geacht de inventarisatie te verbreden tot meer algemene aspecten van kwaliteitsafwijkingen die onregelmatig en onvoorspelbaar optreden.

Naast roodverkleuring is daarom in de verkenning van de praktijksituatie aandacht gegeven aan de ervaring en kennis over het optreden van bruinrand, het doorschieten van de pit (schot), en het optreden van bruine pit, lage temperatuurbederf en 'point noir' en de manier waarop deze correleren met elkaar of met de rassenkeuze, teelt- en forceercondities. Door een aantal interviews met telers (leden van de NTS-witlofcommissie), deskundigen uit veredeling en afzetkanaal (CBT) en onderzoekers in Nederland, België en Frankrijk, is geprobeerd een beeld te vormen van de omstandigheden waarin de kansen op het ontstaan van kwaliteitsproblemen het grootst zijn. Aandacht is hierbij gegeven aan teelt- en forceergegevens, de wijze waarop deze worden geregistreerd, en de toegankelijkheid en betrouwbaarheid voor het hier beoogde doel.

In de literatuurverkenningen is de aandacht primair uitgegaan naar roodverkleuring en bruinrand, gevolgd door de hiermee gecorreleerde pitgroei en het optreden van bruinverkleuringen in de pit. Er is een inventarisatie gemaakt van de kennis die beschikbaar is over het optreden en voorkómen van fysiogene afwijkingen als bovenbedoeld, en de relatie met fundamentele fysiologische kennis over effecten van de mineralenvoorziening en -huishouding in de wortel en krop tijdens de teelt en tijdens het forceren. Aanwijzingen voor kwaliteitseisen die aan het uitgangsmateriaal (wortel) of teeltomstandigheden moeten worden gesteld hebben daarbij speciale aandacht gekregen. Ook is gezocht naar aanwijzingen voor eventuele grenswaarden voor mineralengehalte en andere meetbare eigenschappen. Er is bovendien een beeld gevormd van de resultaten van het praktijkonderzoek, de verkenningen in de praktijk, en de wijze waarop deze corresponderen met fysiologische gegevens.

Het doel van dit onderzoek was om vast te stellen of

- (1) bestaande kennis een conclusie met betrekking tot de oorzaak van de verschillende vormen van fysiogene kwaliteitsafwijkingen toelaat;
- (2) het praktijkonderzoek op de bestaande kennis voort kan bouwen;
- (3) de praktijk er nu al mee kan werken aan probleembeheersing;
- (4) of en welk type aanvullend toepassingsgericht verdiepend onderzoek nodig is.

Het in dit rapport beschreven inventariserend onderzoek is uitgevoerd op het AB-DLO en werd gefinancierd door de afdeling Groententeelt van het Landbouwschap. Het onderzoek heeft in belangrijke mate gesteund op de bij het PAGV bestaande ervaring met het praktijkonderzoek. De enthousiaste en openhartige medewerking van G. van Kruistum (PAGV), R. Sarrazijn (POVLT), A. Limami (INRA), F. Meddens en K. Helderma (Nunhems Zaden), P. Degreef (CBT), A. Ton (PGF) en de leden van de NTS-witlofcommissie, met name J. van Arendonk, C. Logtenberg, R. Spruit, J. Gerardts en B. van Gils, is van groot belang geweest voor het verkrijgen van een volledig beeld van de in de praktijk en het praktijkonderzoek bestaande kennis en ervaring met betrekking tot de fysiologische kwaliteitsafwijkingen bij witlof.

2. Inventarisatie van literatuur

2.1. Roodverkleuring

Roodverkleuring van de krop is een verschijnsel dat meestal binnen enkele dagen na de oogst van de krop optreedt, maar het kan ook al bij de oogst zichtbaar zijn. In de bladeren ontstaan rode ingezonken plekkjes in het nerfgedeelte van het blad, die later bruin kunnen verkleuren (Van Kruistum & Embrechts, 1994).

Er zijn van deze rode plekken, die zich hoofdzakelijk in de basale helft van het blad bevinden, twee verschillende vormen te onderscheiden, die respectievelijk bij de late en de vroege trek optreden. Roodverkleuring levert de meeste problemen op na het forceren in de late periode van het seizoen, de late trek en in mindere mate in de middenvroeg trek. In deze periode begint roodverkleuring (inwendig rood) in de wat meer naar binnen gelegen bladeren van de krop en treedt later ook in de buitenste bladeren op (anon., 1993f; Van Kruistum & Embrechts, 1994). Deze rode plekken beginnen als stippen die zich later tot vlekken uitbreiden, en bevinden zich duidelijk aan de bovenzijde van het blad, d.w.z. de kant die bij de krop naar binnen gekeerd is. Ze bevinden zich vrijwel zonder uitzondering in de basale helft van het blad, maar zijn wel over de gehele breedte ervan verspreid met een wat hogere concentratie rond de bladnerven. Behalve tijdens de late trek komt roodverkleuring ook, in mindere mate, voor tijdens de hele vroege trek. In deze periode zijn de diffuse rode vlekken (uitwendig rood) echter langwerpiger van vorm en lopen in de lengterichting in vooral de basale helft, maar soms ook wat meer naar de top, van nu juist de buitenste bladeren van de krop (anon., 1993f). Deze langwerpige plekken bevinden zich binnen in het blad, geconcentreerd rond de nerven en op het oog wat meer naar de onderzijde van het blad, d.w.z. de kant die van de krop af gericht is. Hoewel dit fenomeen over het algemeen in de buitenste lagen van de krop optreedt, kan roodverkleuring bij de late trek ook wel in ver naar binnen gelegen bladeren voorkomen, tot in het hart van de krop (Den Outer, 1993). Aangezien de rode plekken bij de late trek aan de bovenkant van de bladeren gelokaliseerd zijn en in eerste instantie nog niet in de buitenste bladeren, is roodverkleuring niet direct bij intacte kroppen waar te nemen. Pas na een langere bewaring van de kroppen, wanneer de rode plekken groter en intenser worden, is roodverkleuring door de bladeren heen ook aan de buitenkant van de krop te zien.

In het algemeen is men van mening dat het optreden van roodverkleuring een gevolg is van het knappen van melksapvaten en dat het direct verband houdt met de snelle groeifase van de krop aan het einde van de trek (Bosma, 1992; Van Kruistum & Biesheuvel, 1992; Van den Broek & Dekker, 1993; Den Outer, 1993; anon., 1993f). Tijdens de tweede helft van de trek treedt voornamelijk strekkingsgroei op, waarbij een grote wateropname plaats heeft. In deze groeifase neemt vooral de pit- en bladlengte toe en daarmee ook de kropplengte. Het is tijdens deze sterke lengtegroei dat, als gevolg van de grote wateropname door de cellen, de kans op het knappen van zwakke celwanden het grootst is. Volgens Den Outer is de wateropname tijdens de snelle groei groter in de melksapvaten dan in de parenchymcellen van het mesofyl. Deze grote wateropname kan een hoge turgordruk veroorzaken in de melksapvaten, als gevolg waarvan deze plaatselijk kunnen gaan scheuren. Het kan echter ook zijn dat juist de onbalans in de turgordruk tussen de melksapvaten en het mesofyl daar de oorzaak van is (Den Outer, 1993). In plaats van een hoge turgordruk of een onbalans in de turgordruk tussen weefsels wordt bij onderzoek in sla de fluctuaties in turgordruk in de melksapvaten als

oorzaak voor het scheuren aangegeven (Titulaer & Van Kruistum, 1991): de latex-druk neemt af bij waterstress als gevolg van uitdrogen van de grond en neemt bij bevochtigen van de grond weer toe, maar tot een niveau hoger dan voor de waterstress. Volgens Den Outer is het echter vrijwel zeker dat zulke fluctuaties bij witlof niet voorkomen, daar de plant groeit op een hydroponisch systeem. Dat sluit echter niet uit dat wel fluctuaties in de turgordruk van de melksapvaten zouden kunnen ontstaan, wanneer de voedingsoplossing niet continu geregeld wordt, maar om de zoveel dagen wordt aangevuld met voedingszouten. Het scheuren van de melksapvaten kan tevens mechanisch van aard zijn, wanneer de celwanden van de melksapvaten, net als dode vaatwanden, niet in staat zouden zijn de grote strekking tijdens de snelle groei van de krop te doorstaan. Andere factoren die de oorzaak kunnen zijn voor, of die bij kunnen dragen aan het scheuren van melksapvaten zijn zwakke plekken in de celwanden en membraaninstabiliteit (De Proft *et al.*, 1991). De plaatselijke desintegratie van de celwanden kan veroorzaakt worden door de afbraak van pectine, wat gerelateerd is aan een calcium-deficiëntie, evenals plasmamembraan-instabiliteit (Kirkby & Pilbeam, 1984; Den Outer, 1989, 1993;).

Wanneer melksapvaten barsten valt de turgordruk weg en kan het cytosol, waarin zich de latex bevindt, in de intercellulaire ruimten stromen.

Er wordt vanuit gegaan dat roodverkleuring optreedt door oxydatie van in de latex aanwezige stoffen (Jolivet *et al.*, 1988; Den Outer, 1993; Van Kruistum, 1993; Van Kruistum & Embrechts, 1994;). De verkleuringsverschijnselen zouden ontstaan door oxydatie van fenolen door (poly)fenoloxydasen (Kirkby & Pilbeam, 1984; Jolivet *et al.*, 1988). Mohamed-Yasseen en Splittstoesser (1990b) vinden grote hoeveelheden fenolen in het bladweefsel van witlof, maar echter niets in de latex. Wel treffen zij drie typen fenoloxydasen, evenals peroxydase, in de latex aan. Peroxydase zou ook in staat zijn fenolen te oxyderen. Dit kan betekenen dat deze enzymen in het, door het scheuren van melksapvaten vrijgekomen, latex de fenolen in het omliggende weefsel oxyderen, in plaats van andersom. Fenolen bevinden zich in de celwanden en hoofdzakelijk in de vacuolen van cellen, wat betekent dat fenoloxydatie zonder destructie van de cellen, de fenolen in de celwanden zou moeten betreffen. In de latex van planten met gelede melksapvaten, waaronder ook witlof, is echter cellulase aangetroffen (Sheldrake, 1969), zodat de mogelijkheid van desintegratie van weefsel in de omgeving van de melksapvaten en het daarbij vrijkomen van vacuolaire fenolen niet uitgesloten kan worden. Bij witlof komen de meeste fenolen voor in het parenchymatische weefsel en slechts 20 % in de nerven (Goupy *et al.*, 1990), terwijl melksapvaten juist in de nerven gelokaliseerd zijn, vooral in de buitenste periferie van het primaire floëem en in mindere mate in het secundaire floëem (Vertrees & Mahlberg, 1978; Den Outer, 1993). Slechts in enkele gevallen lopen melksapvaten vanuit de nerven naar het mesofyl in de onderkant van het blad, soms helemaal tot de epidermis, maar deze zijn volgens Den Outer nooit gescheurd (1993). Hij heeft echter waargenomen dat latex vanuit de melksapvaten in de omliggende vaatbundelschede-cellen drong, door plaatselijke enzymatische afbraak van de celwanden, vervolgens in de daaronder gelegen intercellulaire ruimten van het mesofyl en in de daarin gelegen parenchymcellen zelf. Oxydatie van de daar aanwezige fenolen zou de roodverkleuring veroorzaken. Dit verklaart de in de lengterichting van het blad lopende langwerpige rode plekken die optreden tijdens de vroege trek, aangezien die zich aan de onderzijde van de nerven in het blad bevinden, daar waar ook de melksapvaten lopen. Een ander verhaal is echter het optreden van roodverkleuring in de late trekperiode, wanneer geen langwerpige diffuse roodverkleuring maar rode puntjes ontstaan. Deze puntjes bevinden zich aan de bovenzijde van het blad*. Ook wanneer de puntjes later uitgroeien tot vlekken zijn die nog steeds beperkt tot de bovenzijde

* De duidelijk begrensde, ingezonken, donkerrode stippen die Den Outer aan de onderkant van het blad waarneemt (3008), zijn waarschijnlijk uitingsvormen van lage temperatuurbederf (LTB; zie aldaar).

van het blad, maar zijn dan wel door het blad heen aan de onderkant zichtbaar. In de bovenzijde van het blad komen echter geen melksapvaten voor, zodat het niet direct waarschijnlijk is dat de roodverkleuring in de late trek wordt veroorzaakt door het scheuren van melksapvaten. Het kan daarom nog wel te maken hebben met de oxydatie van in de parenchymcellen aanwezige fenolen, waarbij de desintegratie van deze cellen dan door iets anders veroorzaakt moet zijn.

Het optreden van deze enzymatische verkleuring is dus het gevolg van het samenkomen van fenolen en de voor de oxydatie verantwoordelijke enzymen, door het kapotgaan van de cellen. In onderzoek aan andijvie, dat tot de zelfde familie behoort als witlof (*Cichorium*), bleek het gehalte aan bepaalde fenolen (caffeoyl-derivaten) groter te zijn in geëtioleerde planten dan in de gewoon in het licht groeiende planten (Goupy *et al.*, 1990). In de geëtioleerde planten traden in sterkere mate enzymatische verkleuringen op, wat te wijten zou zijn aan de het feit dat caffeoyl-derivaten een beter substraat voor polyfenoloxidasen vormen dan andere fenolen, zoals flavonolen.

Verkleuring door oxydatie van fenolen treedt bij vele andere groenten en bij fruit op, zonder dat die in het bezit zijn van melksapvaten. Het enige verschil van wat er in deze literatuur gemeld wordt over de verkleuringen ten gevolge van fenoloxydatie is dat het vrijwel zonder uitzondering bruinverkleuring betreft. Volgens Den Outer wordt door fenoloxydatie een melanine-achtige stof gevormd met roodbruine kleur, waarbij hij verwijst naar Kirkby & Pilbeam (1984) en Jolivet *et al.* (1988), maar in deze literatuur kan ik dat niet terugvinden. Het is natuurlijk goed mogelijk dat de roodverkleuring bij witlof een tussenstadium is, maar in de praktijk wordt over het algemeen weinig bruinverkleuring van de rode plekken waargenomen. Wel vindt het optreden van blauwverkleuring bij aardappelen, door oxydatie van fenolen (met name tyrosine) tot melanine, plaats via een roodgekleurd tussenprodukt (Van Ittersum & Van Schaik, 1993). In deze reactie worden niet alle stappen door hetzelfde enzym gekatalyseerd (alleen de eerste stappen door fenoloxidasen), wat kan betekenen dat in het geval van roodverkleuring bij witlof niet alle enzymen aanwezig zijn om bruinverkleuring te doen ontstaan, of dat de omgevingsfactoren in het weefsel verdere omzetting verhinderen. Het is ook mogelijk dat de kleur van de door fenoloxydatie gevormde stoffen afhankelijk is van bv. de pH van de omgeving, zoals dat bij anthocyanen het geval is (Mazza & Miniati, 1993).

Indien de roodverkleuring in de vroege trek een gevolg is van het knappen van melksapvaten en in de late trek een gevolg van het kapotgaan van celwanden in het parenchym, dan kan in beide gevallen nog wel de oorzaak liggen in de grote wateropname aan het einde van de trek. De celwanden van de melksapvaten, dan wel van de parenchymcellen kunnen door de grote strekkingsgroei breken op verzwakte plekken. Er kan lokaal een calciumdeficiëntie zijn ontstaan, waardoor de celwanden worden verzwakt (Kirkby & Pilbeam, 1984). Het calciumtransport is vooral in het begin van de trek zeer gering (Limami & Lamaze, 1991; Fouldrin *et al.*, 1993; Reerink, 1993), zodat met name de in die periode aangelegde celwanden verzwakt zouden kunnen zijn. De roodverkleuring treedt dan ook in de late trek uitsluitend en ook in de vroege trek hoofdzakelijk op in de basale, d.w.z. de oudste, helft van het blad. Een andere mogelijke oorzaak voor het optreden van roodverkleuring is een kaliumdeficiëntie. Dit lijkt in eerste instantie in tegenspraak is met de hiervoor genoemde calciumdeficiëntie, maar dat hoeft in het geheel niet het geval te zijn. Een calciumtekort treedt vooral op in het begin van de trek, wanneer veel celdeling plaatsvindt en nieuwe celwanden worden aangemaakt. De gevolgen van de hierdoor verzwakte celwanden worden echter pas zichtbaar bij de celstrekking, d.w.z. aan het einde van de trek. Kalium speelt een belangrijke rol bij de waterhuishouding, en de kaliumbehoefte bij planten is erg groot wanneer er celstrekking, en dus veel wateropname plaatsvindt. Een kaliumtekort treedt dan ook vooral op aan het einde

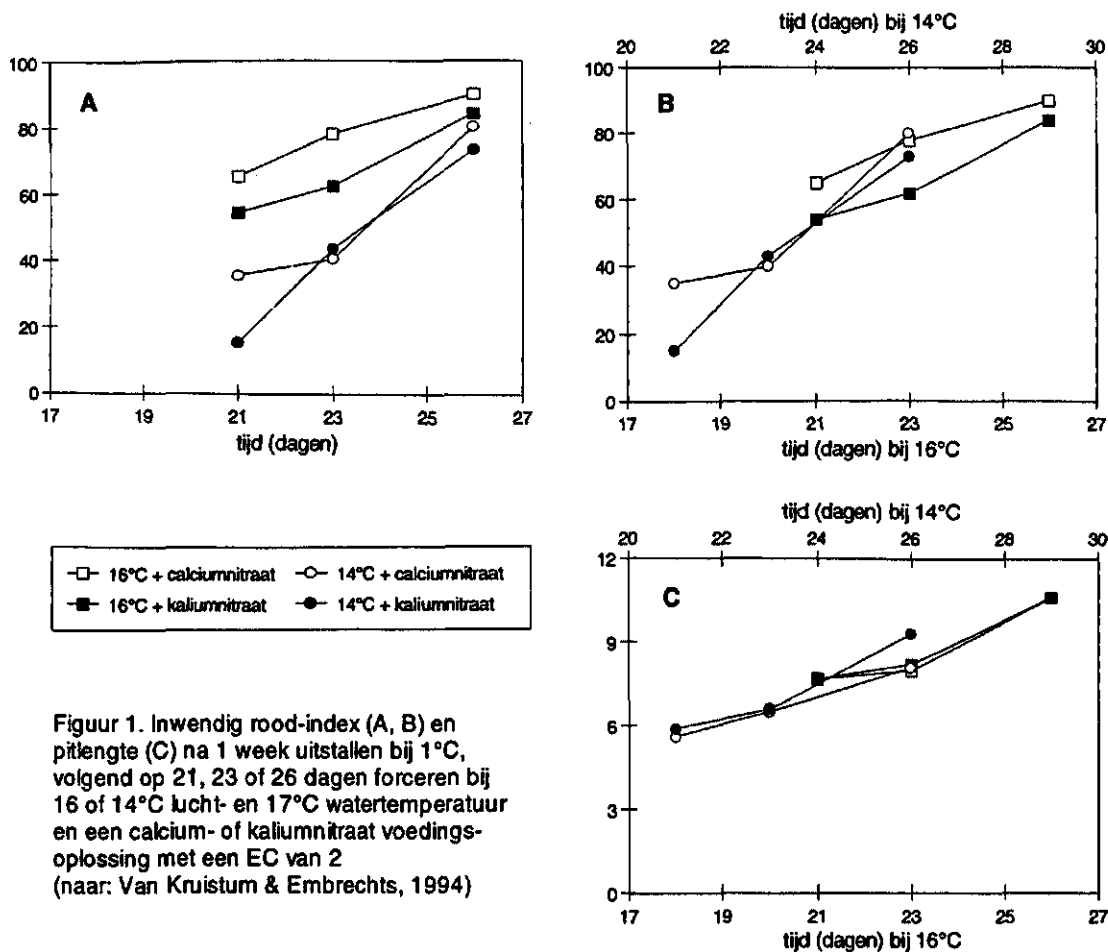
van de trek. Kalium speelt bovendien een rol in de elasticiteit van de celwanden (Marschner, 1986; Van Ittersum & Van Schaik, 1993;) en heeft invloed op de enzymactiviteit en organische stofgehalte, waardoor bij deficiëntie necroses kunnen ontstaan. Bij aardappel nemen verkleuringsverschijnselen toe, door een verlaagd citroenzuur- en verhoogd chlorogeenzuur-gehalte (fenol), en een verhoogde polyfenoloxydase-activiteit, als gevolg van een tekort aan kalium (Van Ittersum & Van Schaik, 1993; Marschner, 1986). Bij een tekort in de bladeren vindt translocatie van kalium uit oudere delen plaats, wat eveneens zou kunnen verklaren waarom roodverkleuring in de basale delen van de oudste bladeren optreedt.

In publikaties in de vaktijdschriften wordt voor het voorkomen van roodverkleuring dan ook aan de praktijk als een van de adviezen gegeven om bij de trek het kaliumgehalte van de voedingsoplossing te verhogen (Degreef, 1994), maar meestal wordt aangeraden om pas halverwege de trek het kaliumgehalte te verhogen en tegelijkertijd het calciumgehalte te verlagen (Roelands, 1994; anon., 1994). Dit advies wordt gegeven naar aanleiding van de bevindingen van Sarrazijn *et al.*, die door metingen aan de 'klassieke' voedingsoplossing (Nutriflora T + calciumnitraat) tijdens de trek constateerde dat kalium volledig opgebruikt werd en dat al na 12 dagen forceren een tekort aan kalium ontstond, terwijl een accumulatie van calcium optrad (anon., 1993e, 1993f). Door vervolgens na 12 dagen het kaliumgehalte van de voedingsoplossing te verhogen van 8 naar 12 mmol en tegelijkertijd het calciumgehalte te verlagen van 4 naar 2 mmol, werd in het geoogste lof geen roodverkleuring aangetroffen, ook niet na een week uitstalling bij 12°C. Van Kruistum *et al.* vinden ook dat kalium- i.p.v. calciumnitraatvoeding tijdens de trek het optreden van roodverkleuring aanzienlijk vermindert, maar in hun experimenten komt naar voren dat het kaliumgehalte van een voedingsschema als die van het PAGV hoog genoeg is en evenveel reductie van roodverkleuring oplevert als een kaliumnitraatoplossing, zodat een verdere kaliumverhoging tijdens de trek dan ook niet nodig is (Van Kruistum & Biesheuvel, 1993; Van Kruistum & Embrechts, 1994). Uit de gegevens in hun publikatie (Van Kruistum & Embrechts, 1994) blijkt dat na forceren bij 14°C op een kalium- i.p.v. op een calciumnitraatoplossing geen vermindering van de roodverkleuring optreedt na 1 week uitstalling bij 1°C, maar wel in geringe mate wanneer geforceerd werd bij 16°C (zie Fig. 1A); werd uitgesteld bij 12 i.p.v. 1°C dan was de roodverkleuring enorm en werd ook geen reductie verkregen (integendeel) door gebruik van kalium- i.p.v. calciumnitraat.

Volgens Sarrazijn heeft het hoge kaliumgehalte van de voedingsoplossing ook nog een ander effect, namelijk dat het hierdoor verkregen hogere kaliumgehalte van de krop zorgt voor opening van de huidmondjes (terwijl calcium ze sluit), waardoor een betere verdamping ontstaat (anon., 1993f). Een betere verdamping zorgt ervoor dat geen overmatige wateropname door de krop ontstaat, die anders zou leiden tot verhoogde strekkingsgroei en daardoor tot roodverkleuring, en dat mineralen beter worden opgenomen. Aan de andere kant speelt kalium juist een belangrijke rol bij het tot stand komen van celstrekking, doordat het als osmoticum fungeert in de vacuole. Een ander advies dat wordt gegeven om de verdamping te bevorderen en roodverkleuring te verminderen, is het verlagen van de relatieve luchtvochtigheid (anon., 1993b, 1993c, 1993d, 1993e). Het gevaar hiervan is wel dat alleen de luchtvochtigheid aan de buitenkant van de krop afneemt, maar door de gesloten vorm niet binnen in de krop, ten gevolge waarvan losse kroppen kunnen ontstaan. Als de luchtvochtigheid binnen in de krop niet afneemt zal dat waarschijnlijk ook geen gevolgen hebben voor de roodverkleuring. Tevens wordt geadviseerd de EC van de voedingsoplossing te verhogen, om de wateropname door de krop te verminderen (Bosma, 1992; Degreef, 1994; anon., 1993b, 1993c, 1993d, 1994). Daarentegen wordt ook gemeld dat een EC verhoging van de voedingsoplossing

geen effect zou hebben op het optreden van roodverkleuring (Van Kruistum & Biesheuvel, 1992; anon., 1992b; Van Kruistum & Embrechts, 1994).

Een andere oplossing voor roodverkleuring, of liever gezegd een mogelijkheid om het probleem te vermijden, is het jonger oogsten van het lof (Blankvoort, 1991; Van Kruistum & Biesheuvel, 1992; Bosma, 1992; anon., 1977, 1992b, 1994; Van Kruistum & Embrechts, 1994; Degreef, 1994; Roelands, 1994;). Het optreden van roodverkleuring is een gevolg van de grote strekkingsgroei aan het einde van de trek, zodat de gevoeligheid toeneemt met de grootte van de geoogste krop. Oogsten voordat de krop volgroeid (rijp) is vermindert wel de kans op roodverkleuring, maar gaat ook ten koste van de opbrengst. Hierbij wordt dus kwaliteit tegen kwantiteit afgewogen.



Figuur 1. Inwendig rood-index (A, B) en pitlengte (C) na 1 week uitstallen bij 1°C, volgend op 21, 23 of 26 dagen forceren bij 16 of 14°C lucht- en 17°C watertemperatuur en een calcium- of kaliumnitraat voedingsoplossing met een EC van 2 (naar: Van Kruistum & Embrechts, 1994)

Daarnaast wordt aangeraden om bij een lagere temperatuur te forceren, waardoor de groei geleidelijker plaatsvindt (Degreef, 1994; anon., 1994; Roelands, 1994). Ook dit reduceert het optreden van roodverkleuring, wat duidelijk blijkt uit de resultaten van Van Kruistum en Embrechts (1994: Fig. 1A). Aangezien er hierbij vanuit wordt gegaan dat wel op hetzelfde tijdstip wordt geoogst, betekent de temperatuurverlaging eigenlijk dat het lof in een jonger stadium wordt geoogst, wat blijkt uit het lagere kropgewicht. Wanneer bij de temperatuurverlaging tijdens forceren gecorrigeerd wordt voor het ontwikkelingsstadium waarin de krop zich bevindt, middels de verschuiving van de groeicurve (Reerink, 1993), dan is duidelijk zichtbaar dat het optreden van roodverkleuring toeneemt met de ontwikkeling van de krop en niet wordt beïnvloed door de trektemperatuur zelf (Fig. 1B). Zowel bij vroeger oogsten als bij

het hanteren van een lagere trektemperatuur is de reductie van het optreden van roodverkleuring het gevolg van een minder volgroeide krop. Hoewel er natuurlijk ook een verband is met het kropgewicht, is roodverkleuring vooral gerelateerd aan de lengtegroei en het sterkste causale verband blijkt dan ook te bestaan met de lengte van de pit (anon., 1993f; Van Kruistum & Embrechts, 1994: Fig. 1C). Het zou daarom aan te raden zijn om de forceeromstandigheden en het uitgangsmateriaal zo te kiezen, dat grote kortere kroppen met een kortere pit kunnen worden geproduceerd, zodat niet te veel opbrengstderving ontstaat.

Een bijkomend probleem is dat wanneer kroppen minder roodgevoelig zijn doordat ze een korte pit bezitten, ze in het algemeen gevoeliger zijn voor het optreden van bruine pit (zie paragraaf 'Pitgroei en bruine pit'; anon., 1993f). Een bijzonder duidelijke indicatie hiervoor is, dat in Frankrijk witlofassen worden gebruikt die geen roodverkleuring vertonen, maar waarbij veel bruinverkleuring in de pit optreedt. Er wordt daar dan ook veel onderzoek gedaan naar het reduceren van bruine pit, maar het probleem wordt er toch als minder negatief gezien dan roodverkleuring. Door de recente versoepeling van de Nederlandse norm voor bruine pit, is het nu ook hier mogelijk andere rassen te gebruiken die een geringere gevoeligheid voor roodverkleuring vertonen, in elk geval aan het eind van de middenvroeg trek (Biesheuvel, 1994; Degreef, 1994). In de vakliteratuur is veel gepubliceerd over de verschillen in roodgevoeligheid tussen rassen, vooral door Biesheuvel, maar er is nog weinig bekend over de eigenschappen van de rassen waarop deze verschillen berusten. Ook leveren rassen die minder roodgevoelig zijn vaak een geringere opbrengst; juist de grote opbrengst kan een reden zijn waarom een roodgevoelig ras als Rinof zo populair is. Van Kruistum vraagt zich af, of de keuze voor een ander, minder roodgevoelig ras, met weer andere zwakke punten, wel opweegt tegen de grotere opbrengst van bv. Rinof, zelfs wanneer deze vroeger wordt geoogst en dus iets minder produceert (Van Kruistum & Embrechts, 1994).

De forceer- en oogstbehandeling kunnen in sterke mate het optreden van roodverkleuring beïnvloeden, maar een aanpassing van de forceeromstandigheden moet eigenlijk inspelen op het uitgangsmateriaal dat voor het forceren gebruikt wordt. Dat geldt niet alleen voor verschillende rassen die gebruikt kunnen worden, maar ook voor de fysiologische toestand van de wortel. Roodverkleuring blijkt meer op te treden wanneer wortels geforceerd worden vóór de periode waarvoor ze geschikt zijn, wanneer ze nog niet voldoende gevernaliseerd en dus 'onrijp' zijn (anon., 1993d; Roelands, 1994; Bosma, 1992). Om deze wortels toch in eenzelfde tijd te forceren worden hogere temperaturen aangehouden. Onrijpe wortels forceren bij een hoge temperatuur levert wel een even grote krogroei op als het forceren van rijpe wortels bij een lagere temperatuur, maar niet noodzakelijkerwijs eenzelfde kropontwikkeling. Dit is onder andere te zien aan een verschillende pitgroei. De relatie tussen vernalisatie en pitgroei wordt uitgebreid besproken in de paragraaf 'Pitgroei en bruine pit'.

Niet alleen de rijpheid, maar ook de samenstelling van de wortel heeft invloed op het optreden van roodverkleuring. Voor een deel zijn rijpheid en samenstelling onlosmakelijk met elkaar verbonden, zoals bv. het geval is met het stikstofgehalte van de wortel (Reerink, 1993), waardoor eigenlijk beter gesproken zou kunnen worden over forceergeschiktheid dan over rijpheid. Wortels met een hoog stikstofgehalte produceren kroppen met een grotere pit. In deze kroppen treedt ook meer roodverkleuring op (Bosma, 1992; Van Kruistum & Embrechts, 1994), terwijl stikstofrijke wortels toch juist als 'rijper' worden gezien. Ze worden echter wel bij dezelfde temperatuur geforceerd als alle andere wortels, wat zou kunnen betekenen dat misschien minder roodverkleuring zou optreden, wanneer de forceeromstandigheden aan het hoge stikstofgehalte zouden zijn aangepast. Hierover zijn echter in de literatuur geen gegevens te vinden.

Volgens Sarrazijn is het ook belangrijk om een hoog kaliumgehalte in de wortel te hebben om het optreden van roodverkleuring zo veel mogelijk te beperken (anon., 1993f; anon., 1993d), maar volgens Van Kruistum is een hoog kaliumgehalte van de wortel juist nadelig (Van Kruistum & Embrechts, 1994). Over de invloed van de wortelsamenstelling op de redistributie van o.a. mineralen is echter nog erg weinig bekend, evenals over de beïnvloeding ervan tijdens bewaring en trek. Zo wordt bv. gemeld dat wondheling voor bewaring grotere krop-pen met meer roodverkleuring oplevert (Schoneveld & Versluis, 1993), en dat het natmaken van wortels voor bewaring geen effect heeft op de opbrengst, terwijl er wel meer rood-verkleuring optreedt (Versluis, 1993).

Hoewel de roodgevoeligheid van witlof een gevolg is van de fysiologische toestand van de wortel, het ras, de forceeromstandigheden (met name de voeding) en het ontwikkelings-stadium waarin de krop geoogst wordt, treedt de roodverkleuring eigenlijk in de meeste gevallen pas op na de oogst en vooral tijdens de uitstalling. De temperatuur waarbij het lof wordt uitgesteld bepaald in sterke mate het optreden van roodverkleuring. Hoe hoger de temperatuur, des te meer roodverkleuring er optreedt (anon., 1977; anon., 1992a; anon., 1993a; Groot, 1993;). Enkele jaren geleden trad echter bij het sterk koelen van witlof een andere fysiologische afwijking op, nl. het lage temperatuur bederf (LTB). Om dit LTB te vermijden is voor koeling van witlof op de veilingen de normtemperatuur verhoogd van 1 naar 4 tot 6°C. Toch blijkt het goed mogelijk om witlofkroppen terug te koelen beneden de 3°C zonder dat LTB ontstaat, door zo snel mogelijk na de oogst met terugkoelen te starten (Van Kruistum & Embrechts, 1994; Degreef, 1994; Roelands, 1994; Aldering, 1994b; Groot, 1993; anon., 1994, 1993a, 1992a). Vooral in de late trek, wanneer de forceertemperaturen relatief laag zijn en er dus een groot temperatuursverschil bestaat tussen de trekcel en de oogstruimte, wordt door de op de oogst volgende terugkoeling het risico van lage tempera-tuur bederf verhoogd. Zelfs een korte 'warme' periode tussen oogst en koeling kan LTB ver-oorzaken. Ook wordt geadviseerd om al aan het einde van de trek met het verlagen van de temperatuur te beginnen, om de kroppen bij een zo laag mogelijke temperatuur te kunnen uitstallen ter voorkoming van roodverkleuring zonder optreden van LTB (anon., 1993c; anon., 1993b; anon., 1993d), maar hiervan wordt door anderen beweerd dat het geen effect heeft (Van Kruistum & Biesheuvel, 1992; anon., 1992b).

Er treedt bij de oogst van witlof niet alleen een verandering op in de temperatuur, maar de planten worden ook overgebracht van een donkere naar een lichte situatie. 'Witlof' dat in licht i.p.v. in het donker opgroeit heeft een 2,3 maal zo hoog fenolgehalte in het blad (Goupy et al., 1990), en wanneer een in het donker gekweekte plant wordt overgebracht naar het licht vindt ook een verhoging van het fenolgehalte plaats, terwijl bovendien een toename wordt waargenomen in de activiteit van fenoloxydase (Mohamed-Yasseen et al., 1989; Mohamed-Yasseen & Splittstoesser, 1990a; Legrand, 1977; Legrand & Bouazza, 1991; Legrand et al., 1976). Er werd in de peroxydase-activiteit geen verandering (Mohamed-Yasseen et al., 1989; Mohamed-Yasseen & Splittstoesser, 1990a) of alleen een lichte verlaging (Legrand et al., 1976; Legrand, 1977; Legrand & Bouazza, 1991;) aangetoond. Dit betekent dat blootstelling aan licht tijdens de oogst, de roodverkleuring tijdens het uitstallen kan verhevingen door een grotere oxydatie van fenolen, maar aan deze mogelijke relatie is geen onderzoek gedaan. Tijdens de uitstalling van de kroppen zijn er nog andere factoren die invloed hebben op het optreden van roodverkleuring. Bij kleinverpakt witlof neemt de roodverkleuring tijdens uit-stallen minder sterk toe dan bij los witlof (Boesten, 1992). Dit is waarschijnlijk het gevolg van een gewijzigde gassamenstelling, daar bij kleinverpakt witlof het zuurstofgehalte afneemt en het koolzuurgehalte toeneemt. Aangezien voor de oxydatie van fenolen zuurstof nodig is, remt zo'n gewijzigde atmosfeer de roodverkleuring. Dit wordt bevestigd door experimenten met een 3 % O₂/ 4 % CO₂-luchtsamenstelling, i.p.v. 21 %/0,003 % (anon., 1977; Tanaka &

Langerak, 1975). De gewijzigde samenstelling veroorzaakt bij een uitstalt temperatuur van 1-2°C nog geen roodverkleuring na 4 tot 8 weken, terwijl dat onder normale omstandigheden na 2 tot 4 weken optrad.

Bij uitstalling in het donker en bij een lage temperatuur is een CO₂-gehalte van 2 tot 3 % voldoende om het uitstalleven aanzienlijk te verlengen. Ook werd Gamma-bestraling van witlof genoemd als mogelijkheid om de houdbaarheid te verhogen, maar hierbij treedt wel verkleuring op als een hoog zuurstofgehalte in de koelruimte wordt aangehouden (Tanaka & Langerak, 1975). Zonder gamma-bestraling nam bij deze experimenten de polyfenoloxydase- en peroxydase-activiteit tijdens uitstalling sterk toe.

2.2. Bruinrand

Tijdens het uitstallen van witlof treedt ook het verschijnsel bruinrand veelvuldig op, met een piek in de periode januari/februari. Deze fysiologische afwijking treedt op bij de buitenste bladeren van de krop, waarbij in het midden van het blad bruin gekleurde necrotische plekken aan de randen ontstaan, die uiteindelijk de gehele bladrand van boven tot beneden kunnen beslaan. Dit verschijnsel is waarschijnlijk een vorm van droogrand, veroorzaakt door een verstoring van de vochthuishouding (Van Kruistum, 1993).

Over het optreden van bruinrand bij witlof zijn slechts weinig publikaties verschenen, waardoor het moeilijk is om een beeld te schetsen van de oorzaken van dit verschijnsel en de processen die erbij betrokken zijn. Wel is er het nodige onderzoek verricht naar bruinrand bij andere gewassen, zoals sla, andijvie, chinese kool, bloemkool, boerenkool, selderij, lelie en aardbei, maar het is niet duidelijk of het verschijnsel bij deze gewassen direct te vergelijken is met bruinrand bij witlof. Een belangrijk verschil is bijvoorbeeld dat bij de meeste van deze gewassen bruinrand hoofdzakelijk bij de jonge binnenste bladeren optreedt, terwijl het bij witlof juist aan de buitenkant van de krop op de oudere bladeren voorkomt. Aan de andere kant treedt het verschijnsel wel altijd bij volwassen planten op. Dat is ook bij witlof het geval, wat betekent dat het optreden van bruinrand, evenals het optreden van roodverkleuring, verminderd kan worden door niet te laat te oogsten.

Hoewel bruinrand uiterlijk een heel ander verschijnsel is dan roodverkleuring, en bovendien op andere plaatsen in de krop voorkomt, lijkt het er toch op dat ze veel overeenkomsten vertonen. Niet alleen overeenkomsten in de oorzaken voor het optreden van de verschijnselen, maar ook in de fysiologische processen die erbij betrokken zijn.

Door hun onderzoek naar bruinrand bij sla komen Tibbitts en collega's tot de conclusie dat het scheuren van melksapvaten de oorzaak is van het bruin verkleuren van de cellen (Tibbitts *et al.*, 1964). Voorafgaand aan het optreden van bruinrand zou vlak bij de bladrand latex lekken en zich onder de epidermis of op het bladoppervlak ophopen. Het weefsel tussen de vrijgekomen latex en de bladrand zou binnen enkele uren slap en vervolgens necrotisch worden, als gevolg van de oxydatie van polyfenolen. Dit proces is uitgebreid beschreven in de paragraaf 'Roodverkleuring'; zie aldaar.

In morfologisch onderzoek vinden ze dat het vrijkomen van latex een gevolg is van het vergroeien van latexvaten met omliggende parenchymcellen (Olson *et al.*, 1967). Dit proces is alleen waar te nemen in jonge bladeren tijdens de differentiatie van melksapvaten, wanneer de druk in de ontwikkelende vaten enorm kan oplopen en scheuren tot gevolg hebben (Tibbitts *et al.*, 1985). Aangezien bij witlof bruinrand alleen in de buitenste, d.w.z. de oudste bladeren plaatsvindt, is het niet erg waarschijnlijk dat dit proces hier de bruinrand veroorzaakt. Bovendien vindt Den Outer (1990) dat de latexvaten bij witlof alleen in de onderste

zijde van het blad voorkomen en dat de aantasting van mesofylcellen in de bladrand zowel boven als onder in het blad plaatsvindt. Dit kan natuurlijk een later stadium van aantasting zijn, of een gevolg van aantasting van het vaatbundelweefsel, waardoor het transport van water en nutriënten naar de cellen aan de bladrand wordt verstoord (Tibbitts *et al.*, 1964). Evenals bij roodverkleuring geldt ook bij bruinrand dat de verkleuring waarschijnlijk wel wordt veroorzaakt door de oxydatie van fenolen, maar dat hoeft niet per sé door het scheuren van melksapvaten te ontstaan (zie ook de paragraaf 'Roodverkleuring'). Zoals al eerder werd vermeld treedt bruinrand bij een groot aantal planten op, waarvan er slechts enkele in het bezit zijn van melksapvaten.

Wel is er in alle planten sprake van een relatie tussen het optreden van bruinrand en de grote groeisnelheid in een laat stadium van de ontwikkeling van de plant, wanneer er een grote wateropname optreedt. In onderzoek aan sla (Cox *et al.*, 1976), andijvie (Embrechts *et al.*, 1989), radicchio rosso (Suhonen, 1991) en andere gewassen wordt dan ook meer bruinrand waargenomen naarmate de groeiperiode van de plant langer is. Ook voor witlof wordt aangeraden de krop eerder te oogsten (Van Kruistum & Biesheuvel, 1992; Aaldering, 1992). Collier & Wurr (1981) vinden bovendien een directe correlatie tussen het optreden van bruinrand en de lengte van de binnenste jonge bladeren bij sla.

In vrijwel alle literatuur over bruinrand wordt de desintegratie van cellen in de bladrand door de grote strekkingsgroei in verband gebracht met een calciumdeficiëntie. Een calciumdeficiëntie heeft een verhoogde instabiliteit en permeabiliteit van de celmembranen tot gevolg (Kirkby & Pilbeam, 1984; Marschner, 1986). Dat bruinrand veroorzaakt wordt door een verhoogde instabiliteit van de celmembranen zou worden ondersteund door de resultaten van onderzoek aan lelie, waarin naast calcium ook strontium en mangaan effectief lijken te zijn (Berghoef, 1986), en dat in chinese kool eveneens borium zou kunnen bijdragen in het verminderen van bruinrand (Kuo *et al.*, 1981). Van een positief effect van deze elementen op het reduceren van bruinrand wordt in de (recente) literatuur verder echter weinig melding gemaakt.

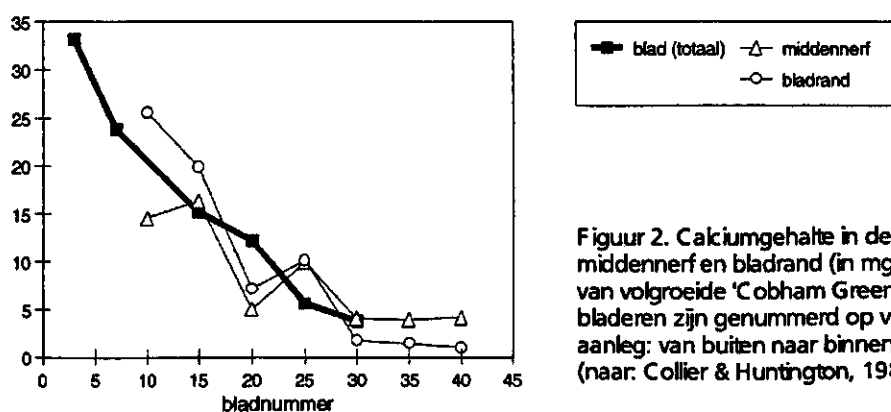
In bloemkool werden calciumconcentraties in de door bruinrand aangetaste bladtoppen gemeten die 2 tot 5 maal lager waren dan die in niet aangetaste bladtoppen (Rosen, 1990). Ook bij chinese kool (Kuo *et al.*, 1981), bloemkool (Johnson, 1991^a, 1991^b) en sla (Barta & Tibbitts, 1986, 1987, 1991^a, 1991^b; Yanagi *et al.*, 1983) werden lagere calciumconcentraties aangetroffen in bladeren of bladdelen met bruinrand.

Om een dergelijke calciumdeficiëntie te vermijden wordt bij verschillende gewassen extra calcium aangeboden door bemesting van de grond (of voedingsoplossing) of door het bespuiten van de bladeren. Meestal kan alleen bruinrand verminderd worden door een oplossing van calciumchloride of -nitraat direct op de bladeren te spuiten, zoals bij chinese kool (Maroto *et al.*, 1986) of andijvie (Maaswinkel, 1987, 1988; anon., 1991), maar in sommige gevallen kan tevens een effect worden verkregen door toevoeging van extra calcium aan de grond, zoals bij sla (Misaghi *et al.*, 1981). Daarentegen wordt bij sommige gewassen ook door het direct bespuiten van de krop geen reductie van bruinrand verkregen, zoals bij bespuiten van radicchio rosso met calciumnitraat (Jeurissen & Van Wijk, 1989), het bespuiten van bloemkool met calciumchloride of gecheleerd calcium (Rosen, 1990), of het bespuiten van boerenkool met calciumchloride of calciumnitraat (Johnson, 1991^a). Een mogelijke oorzaak voor het uitblijven van effect op bruinrand door extra calciumbemesting of door bespuiten van de bladeren met een calciumoplossing, is dat de toegevoegde calcium de bruinrandgevoelige jonge bladeren niet bereikt (Johnson, 1991^a). Bij sla is de distributie van door de wortel opgenomen calcium naar de verschillende bladeren gevolgd: de calciumconcentratie van alle bladeren bleek lineair toe te nemen tijdens de kroggroei, maar de snelheid van toename was

het hoogst bij de oudste bladeren en nam af bij elk volgend blad (Collier & Huntington, 1983). Dit had tot gevolg dat op elk moment tijdens de kroggroeï de calciumconcentratie hoger was in de oudere dan in de jongere bladeren en dat dit verschil tijdens de kroggroeï alleen maar groter werd, zodat bij een volledig volgroeide slaplant de calciumconcentratie kan verlopen van 35 mg/g drogestof in de oudste bladeren tot ver beneden de 5 mg/g drogestof in de jongste bladeren (zie Fig. 2). Toevoeging van extra calcium wordt met dezelfde verdeling in de krop gedistribueerd, wat wordt bevestigd door experimenten bij selderij, waarin gelabeld calcium (^{45}Ca) uit de bodem wordt opgenomen en vervolgens in de geëxpandeerde (oudere) bladeren accumuleert (Smierzchalska *et al.*, 1989). Bij spuiten van gelabeld calcium op de bladeren vonden zij dat ook dit goed werd geabsorbeerd, maar waarbij vervolgens translocatie plaatsvond en ^{45}Ca accumuleerde in de oudere bladeren. Een andere indirecte bevestiging van deze herverdeling van calcium en accumulatie in de oudere bladeren komt uit onderzoek naar bruinrand bij lelie, waarin het bespuiten van de jonge bladeren met calciumchloride of -nitraat alleen bruinrand reduceert als de oudste bladeren worden verwijderd (Berghoef, 1986).

Niet alleen is de distributie van calcium ongelijk verdeeld over de plant, maar ook over de bladeren zelf (Barta & Tibbitts, 1991^b). In oudere bladeren van sla is het calciumgehalte hoger dan in jonge bladeren, maar bovendien in de bladrand hoger dan in de middennerf, terwijl bij jonge bladeren het gehalte in de bladrand lager is dan in de nerf (Collier, 1983; Collier & Huntington, 1983; zie Fig. 2). Door de ongelijke verdeling van calcium in de bladeren, en vooral in de jonge bladeren met een toch al laag gehalte, kunnen zeer lokale calciumdeficiënties ontstaan. In de randen van jonge bladeren kunnen zo calciumgehalten ontstaan van slechts 1 mg/g drogestof. In ander onderzoek aan sla werden gehalten van 0,2 mg/g drogestof in de randen gemeten (Barta & Tibbitts, 1986, 1987, 1991^b).

In de meeste gevallen is het calciumgehalte in door bruinrand aangetaste bladeren wel lager dan in niet aangetaste bladeren (Barta & Tibbitts, 1986), maar dat hoeft niet altijd het geval te zijn, doordat binnen het blad een ongelijke verdeling van calcium kan bestaan. Zo werd bij bloemkool wel een hoger calciumgehalte in de jonge bladeren aangetoond door bemesting met gypsum (calciumcarbonaat), maar dit leverde geen vermindering van bruinrand op. Het bleek dat bij de necrotische plekken het calciumgehalte relatief laag en het kalium- en fosfaatgehalte hoog waren, terwijl in de niet aangetaste delen van de bladeren een net omgekeerde relatie werd waargenomen; bij niet aangetaste bladeren werden geen lokale verschillen in de distributie van calcium, kalium en fosfaat aangetroffen (Rosen *et al.*, 1987). In ander onderzoek aan bloemkool werden ook lagere calciumconcentraties in de door bruinrand aangetaste dan in de niet aangetaste bladtoppen gemeten, maar hier hadden de basale bladdelen van de wel en niet aangetaste bladeren dezelfde calciumconcentratie (Rosen, 1990).



Figuur 2. Calciumgehalte in de bladeren, middennerf en bladrand (in mg/g drogestof) van volgroeide 'Cobham Green' sla planten; bladeren zijn genummerd op volgorde van aanleg: van buiten naar binnen (naar: Collier & Huntington, 1982)

Ondanks de herhaaldelijke bevestigingen in een groot aantal verschillende planten van de relatie tussen een lokaal laag calciumgehalte in het blad en het optreden van bruinrand, is het nog allerm minst zeker dat dit ook bij witlof het geval is. Het probleem is dat in de literatuur geen gegevens te vinden zijn over het calciumgehalte in verschillende delen van de witlof-krop. Door Limami en medewerkers zijn wel calciumgehalten in de krop en wortel bepaald, maar er zijn geen specifieke analyses verricht aan de verschillende delen van de krop. Zij vinden een calciumgehalte in de gehele krop van 3,5 mg/g drogestof (Limami & Lamaze, 1991) en 4 tot 4,6 mg/g drogestof afhankelijk van de gebruikte voedingsoplossing (Fouldrin *et al.*, 1993). Deze gehalten komen overeen met de analyses uit eigen onderzoek, waarin het calciumgehalte van de krop varieerde van 3,5 tot 5 mg/g drogestof, afhankelijk van het stikstofgehalte van de wortel en de wortelmaat (Reerink, 1993). Dit zijn geen bijzonder hoge gehalten in vergelijking tot andere gewassen, waar de calciumgehalten in de bladeren grofweg variëren tussen de 7 en 65 mg/g drogestof (Crisp *et al.*, 1976; Maynard *et al.*, 1981; Kirkby & Pilbeam, 1984; Johnson, 1991^b). Concentraties van calcium die met bruinrand worden geassocieerd liggen in vele gevallen tussen de 2 en 10 mg/g drogestof, maar volgens Barta en Tibbitts (Barta & Tibbitts, 1991^b) zijn die waarden te hoog, doordat pas lang na het optreden van rand de bepalingen zijn verricht en in de tussentijd accumulatie heeft kunnen optreden. In hun onderzoek treedt bruinrand op in bladdelen met een gehalte van 0,2 tot 2 mg Ca/g drogestof. Ook volgens Lonergan en Snowball (1969) is een minimum functioneel calciumgehalte van 1 tot 2 mg/g drogestof in het blad nodig. Het gehalte in witlof is niet erg veel hoger dan dit minimum gehalte, en het optreden van calciumdeficiënties kan daarom sterk afhangen van de mate waarin calcium ongelijkmatig over de krop of in de individuele bladeren verdeeld is.

Een groot verschil tussen bruinrand bij witlof en bij de meeste andere gewassen is dat het bij witlof alleen aan de buitenste bladeren optreedt, terwijl het bij de andere gewassen juist op de jongste binnenste bladeren voorkomt. Slechts in één publikatie wordt, naast bruinrand in de jongere bladeren, ook melding gemaakt van bruinrand in de oudere bladeren van sla (Bert & Honma, 1975), wat niet wordt toegeschreven aan een calciumdeficiëntie, maar wordt geweten aan een toxisch effect van een verhoogd mangaan- en mogelijk een verhoogd borongehalte in de randen van de oudere bladeren. Het kan echter wel degelijk zijn dat bruinrand bij witlof wordt veroorzaakt door een calciumdeficiëntie, wanneer de distributie van calcium in de krop op een andere wijze plaatsvindt dan bij andere gewassen.

Hiervoor werd beschreven dat bij de meeste gewassen accumulatie van calcium in de buitenste oudste bladeren plaatsvindt. De oorzaak die hiervoor wordt gegeven is dat dit de fotosynthetisch meest actieve bladeren zijn die het meest verdampen, waardoor het grootste deel van het watertransport via het xyleem, en daarmee ook het van het xyleem afhankelijke calciumtransport, naar deze bladeren gaat. Bij het forceren van witlof is echter geen sprake van fotosynthese, en verschillen in verdamping tussen de bladeren zal hooguit afhankelijk zijn van verschillen in plaatselijke luchtvochtigheid, d.w.z. dat mogelijk de binnenste bladeren minder verdampen dan de buitenste door de geslotenheid van de krop. Hierbij moet echter wel rekening gehouden worden met het feit dat de relatieve luchtvochtigheid in de trekcellen meestal erg hoog is, zodat ook het verschil in verdamping tussen de buitenste en de binnenste bladeren minder zal zijn dan bij een lage relatieve luchtvochtigheid. Het is hierdoor maar de vraag of een calciumdistributie zoals die bij andere gewassen wordt waargenomen, met een afnemend gehalte van buiten naar binnen, ook bij witlof het geval is. Daar komt bij dat bij sla en chinese kool het calciumgehalte in de binnenste bladeren verhoogd kon worden door 's nachts de relatieve luchtvochtigheid te verhogen. Onder deze omstandigheden is de calciumaanvoer in verschillende delen van de plant afhankelijk van de worteldruk, wat ten goede schijnt te komen van de jonge bladeren. Deze condities vertonen erg veel overeenkomst met de forceer-

condities van witlof, waardoor het goed mogelijk is dat de distributie van calcium in de witlof-krop afwijkt van die in andere, in licht groeiende planten.

Bovendien speelt bij witlof, naast de calciumdistributie, mogelijk ook de absolute opname van calcium een belangrijke rol bij het optreden van calciumdeficiënties, in tegenstelling tot bij andere gewassen waar de opname zelf meestal niet als beperkend wordt gezien. In het begin van forceren is de opname van calcium bij witlof namelijk vrijwel nihil (Reerink, 1993; Limami & Lamaze, 1991) en vindt er alleen een zeer geringe calciumredistributie vanuit de wortel plaats. Dit is juist de periode waarin de groei van de eerste (oudste) bladeren plaatsvindt, terwijl bij de groei van de jongere bladeren aan het eind van het forceren wel een redelijke calciumopname is. Als gevolg hiervan zouden de oudere bladeren al bij de vorming van de cellen een calciumtekort gehad kunnen hebben en daardoor een zwakkere membraanstructuur, die echter pas in een latere fase, tijdens de celstrekking, tot uiting komt. Het is dus niet onmogelijk dat bij witlof calciumdeficiënties in de oudere bladeren kunnen ontstaan, maar door het ontbreken van onderzoek naar de calciumdistributie in de krop blijft dit hypothetisch.

Om een calciumgebrek in de plant te vermijden is het belangrijk de opname van calcium en de distributie naar de calciumarme delen te bevorderen.

Naarmate de kalium/calcium-verhouding in de voedingsoplossing hoger is neemt de opname van calcium af. In onderzoek aan sla beïnvloed een hogere kalium/calcium-ratio de groei niet maar het veroorzaakt wel een toename in het optreden van bruinrand (Voogt, 1988).

Daarnaast neemt het optreden van bruinrand toe bij een hogere EC van de voedingsoplossing of van de grond bij zowel aardbei (De Bruyn & Voogt, 1989) als sla (Benoit & Ceustermans, 1987; Fujiyama, 1989; DO Huett, 1994). Bij een hoge EC van de voedingsoplossing neemt de wortel veel meer kalium op, terwijl de calciumopname relatief weinig toeneemt, zodat de kalium/calcium-ratio in het xyleem groter wordt. Bovendien neemt bij een hogere EC de worteldruk af, met als gevolg dat er minder calcium vanuit de wortel naar de krop getransporteerd wordt (Marschner, 1986).

Ook de temperatuur van de voedingsoplossing heeft invloed op de opname: bij een hoge worteltemperatuur neemt de opname van kalium sterk toe, terwijl de calciumopname juist afneemt, wat waarschijnlijk te maken heeft met een verandering van membraanselectiviteit. Hierdoor neemt de kalium/calcium-ratio in het xyleem dus nog veel sterker toe dan bij een hoge EC (Marschner, 1986). Ondanks een grotere worteldruk bij een hoge worteltemperatuur kan dit leiden tot calciumdeficiënties in de bladeren, wat ook blijkt uit de toename in het optreden van bruinrand bij een hoge worteltemperatuur van sla (Collier & Tibbitts, 1984). Over de invloed van stikstofbemesting op het optreden van bruinrand lopen de meningen uiteen. In onderzoek aan bloemkool leverde een grotere stikstofbemesting wel een hogere opbrengst op, maar er werd geen verschil in het optreden van bruinrand waargenomen (Rosen, 1990). Bij chinese kool nam het kropversgewicht ook toe met een hogere stikstofbemesting, maar bovendien trad bruinrand minder op (Vavrina *et al.*, 1993). Dit wordt in verband gebracht met het uitstellen van de generatieve fase bij een hoog stikstofaanbod, waardoor het nutriënten- en dus ook het calciumtransport langer volledig naar de bladeren kan plaatsvinden. De invloed van de bloei op de calciumdistributie wordt nader besproken in de paragraaf 'Pitgroei en bruine pit'. In ander onderzoek aan chinese kool (anon., 1987) en in onderzoek aan sla (Steenhuizen, 1987) blijkt bruinrand toe te nemen bij een excessieve initiële groei als gevolg van een hoog stikstofaanbod in de eerste groeifase.

Wanneer stikstof (voor een deel) wordt aangeboden in de vorm van ammonium in plaats van nitraat, vooral tijdens het kropvormingsstadium, dan veroorzaakt dat een toename van bruinrand bij chinese kool (Imai, 1990; Imai *et al.*, 1988) en sla (Steenhuizen, 1986). Een groot ammoniumgehalte in de voedingsoplossing heeft een grotere opname van zwavel en chloor,

maar een geringere opname van nitraat, kalium en calcium tot gevolg. Niet alleen is de calciumopname geringer bij een hoog ammoniumgehalte, maar door een te sterke initiële kropgroei en een beperkte wortelontwikkeling is ook de distributie naar de zich later ontwikkelende binnenste bladeren beperkt (Imai, 1987).

Ook een door andere factoren veroorzaakte beperkte wortelgroei, of een beperkte wortelgroei bij bepaalde cultivars, heeft een geringere opname van calcium in chinese kool (Aloni, 1986) en boerenkool (Johnson, 1991^b) tot gevolg, waarbij de accumulatie in de oudere bladeren niet vermindert, maar alleen de distributie naar de jonge bladeren.

Bij witlof is de vorming van zijwortels beperkt wanneer de penwortels een hoog stikstofgehalte hebben, terwijl de kropgroei in dat geval groter is. Zowel de absolute als de relatieve (per gram versgewicht krop) opname van kalium, calcium en nitraat uit de voedingsoplossing is dan ook geringer bij wortels met een hoog stikstofgehalte (Reerink, 1993). De voorziening van kalium, calcium en stikstof in de krop is bij witlof echter slechts voor een deel afhankelijk van opname uit de voedingsoplossing, wat vergelijking met andere planten niet altijd rechtvaardigt. Het gehalte aan calcium en kalium in de voedingsoplossing verschilt meestal weinig, terwijl in de wortel het calciumgehalte slechts een tiende van het kaliumgehalte is (Reerink, 1993; Limami & Lamaze, 1991). Niet alleen is de redistributie van stikstof groter uit stikstofrijke dan uit -arme wortels, maar ook de redistributie van kalium, en wel in gelijke verhouding met de grotere totale drogestofredistributie, zodat ondanks de geringere opname het totale transport van kalium (en vooral van stikstof) naar de krop groter is. Dit is echter niet het geval voor het totale calciumtransport, door de geringe (netto) redistributie van calcium uit de wortel. Als gevolg van het grotere versgewicht van de krop is het calciumgehalte en in mindere mate ook het kaliumgehalte van de (verse) krop iets geringer bij stikstofrijke dan bij -arme wortels. Door het reeds eerder genoemde ontbreken van gedifferentieerde calciumanalyses is het niet bekend of tijdens forceren ook de distributie van calcium in de krop verschilt tussen stikstofrijke en -arme wortels.

Doordat de penwortel bij witlof voor een deel ook in de mineralenbehoefte van de krop voorziet is de invloed van de samenstelling van de voedingsoplossing op de kropgroei en de opname van mineralen ook anders dan bij andere gewassen. Wanneer namelijk het kaliumgehalte van de voedingsoplossing wordt verhoogd heeft dat slechts een geringe verhoging op de kaliumopname tot gevolg en heeft het geen effect op de stikstofopname, maar het veroorzaakt juist wel een verhoging van de in de latere fase van de trek optredende calciumopname (Reerink, 1993). Dat een verhoogd kaliumgehalte van de voedingsoplossing een groter effect heeft op de calcium- dan op de kaliumopname lijkt tegenstrijdig, maar de iets hogere opname van kalium blijkt een groot positief effect te hebben op de redistributie van koolhydraten, stikstof en kalium uit de wortel, en daardoor op de kropproductie. De geringe redistributie van calcium uit de wortel wordt echter niet beïnvloed, waardoor het calciumtransport naar de krop vooral in het begin van forceren, wanneer er nauwelijks calcium uit de voedingsoplossing wordt opgenomen, achterblijft bij de grotere kropgroei (Reerink, 1993). Pas in de laatste fase van de trek wordt dit geringere relatieve calciumtransport naar de krop gecompenseerd door een grotere calciumopname uit de voedingsoplossing. Ook hierbij is het echter niet bekend hoe deze extra opgenomen calcium in de krop wordt gedistribueerd.

Een grotere initiële kropgroei door een verhoogd kaliumgehalte van de voedingsoplossing leidt mogelijk eerder tot calciumdeficiënties, door het achterblijven van het calciumtransport naar de krop. Anderzijds lijkt een verhoogd kaliumgehalte van de voedingsoplossing in de latere trekfase de calciumopname die dan op gang komt te kunnen bevorderen, mogelijk door de invloed van kalium op de opening van huidmondjes en het daardoor stimuleren van de verdamping. Volgens Sarrazijn heeft het verhogen van het kaliumgehalte van de voedingsoplossing in de tweede helft van de trek, naast een reductie van het optreden van roodverkleuring, ook een reductie van het optreden van bruinrand tot gevolg (anon., 1993^e,

1993^f). Het is in dit perspectief alleen niet duidelijk wat, in zijn advies ter voorkoming van roodverkleuring en bruinrand, de functie van een gelijktijdige verlaging van het calciumgehalte van de voedingsoplossing zou kunnen zijn.

Een andere factor die de water- en mineralenopname, maar vooral ook de distributie kan beïnvloeden is de luchtvochtigheid. Bij een lage luchtvochtigheid zal de verdamping namelijk toenemen. Zoals reeds eerder in deze paragraaf is vermeld treedt bij de in het licht groeiende gewassen de meeste verdamping op in de buitenste oudste bladeren, die het grootste verdampende oppervlak hebben en waar veel fotosynthese plaatsvindt. Dit heeft accumulatie van calcium in deze bladeren tot gevolg, wat versterkt zou worden door een lage luchtvochtigheid. Bruinrand komt in onderzoek aan sla, chinese kool (Kuo *et al.*, 1981), andijvie (Embrechts *et al.*, 1989) en selderij (Smierzchalska *et al.*, 1989) dan ook het meeste voor wanneer de planten zijn opgekweekt bij een lage luchtvochtigheid. Ook wanneer alleen 's nachts een hoge luchtvochtigheid wordt aangehouden, reduceert dat bij chinese kool het optreden van bruinrand (Van Berkel, 1988), doordat water- en mineralentransport dan alleen door de worteldruk wordt bepaald en zodoende hoofdzakelijk naar de groeiende jonge bladeren plaatsvindt. Het kunstmatig afsluiten van alleen de jongere slabladeren heeft een nog geringere verdamping en lager calciumgehalte in deze bladeren tot gevolg, wat een toename van het optreden van bruinrand veroorzaakt (Barta & Tibbitts, 1986). Wordt juist luchtcirculatie bij de bruinrand gevoelige jonge slabladeren bevorderd dan vermindert dat het optreden van bruinrand (Goto & Takakura, 1990, 1992^a, 1992^b).

Volgens Van Kruistum & Biesheuvel (1992) heeft de relatieve luchtvochtigheid weinig invloed op het optreden van bruinrand bij witlof, maar hierbij moet wel opgemerkt worden dat het een vergelijking van hoge luchtvochtigheden (90 en 97 %) betreft. Aangezien bruinrand bij witlof aan de buitenste oudere bladeren optreedt, zou hier juist een lagere luchtvochtigheid bruinrand moeten verminderen, in tegenstelling tot het reducerende effect van een hoge luchtvochtigheid op bruinrand bij andere planten. Leden van de NTS-witlofcommissie nemen dan ook waar dat het optreden van bruinrand vermindert bij een betere luchtbeweging in de forceerruimte, door het plaatsen van verticale luchtkanalen (Aaldering, 1992).

De gevoeligheid voor het optreden van bruinrand is, zoals hiervoor beschreven, afhankelijk van het uitgangsmateriaal (de wortel) en de condities tijdens forceren (voeding, temperatuur en luchtvochtigheid), maar het uiteindelijk optreden van bruinrand vindt hoofdzakelijk tijdens de naoogstbehandeling en het uitstallen van witlof plaats. Ook de omstandigheden waarin de kroppen na de oogst worden bewaard kunnen het optreden van bruinrand beïnvloeden. Hoe langer de kroppen worden uitgestald en hoe hoger de uitstaltemperatuur is, hoe meer bruinrand optreedt. Dit komt overeen met het optreden van roodverkleuring, en wordt daarom hier niet verder behandeld (zie de paragraaf 'Roodverkleuring').

Bruinrand bij witlof wordt gezien als een uitdrogingsverschijnsel, ook omdat het vooral optreedt bij kroppen waar de buitenste bladeren zeer dunne, bijna doorzichtige bladranden hebben (Van Kruistum & Biesheuvel, 1992; Van den Broek & Dekker, 1993). Na de oogst verliezen de bladeren nog wel vocht door het inkoelen en een voortgaande verdamping tijdens het uitstallen, terwijl er dan geen opname meer plaats vindt. Wanneer de luchtvochtigheid na de oogst laag is zal dat de verdamping, en daardoor ook het optreden van bruinrand, bevorderen. De uitstalcondities van kleinverpakt lof (met wikkelfolie), waar de verdamping geringer zal zijn, hebben een remmende werking op het optreden van bruinrand (Boesten, 1992; Van Kruistum & Biesheuvel, 1992).

2.3. Pitgroei en bruine pit

Vanuit het groeipunt, dat zich bovenop de wortel bevindt, ontwikkelen zich tijdens het forceren de bladeren en vormen vervolgens een gesloten krop. In een laat stadium tijdens forceren groeit echter ook de pit waarop de bladeren zijn aangehecht. Het uitgroeien van de pit wordt ook wel 'schieten' genoemd. Onder normale omstandigheden op het veld vindt, na de opslag van reserves in de penwortel in het eerste groeiseizoen en de daaropvolgende overwintering, hergroei van de plant in het tweede seizoen plaats. Eerst ontwikkelen zich dan de bladeren die door het ontbreken van stengelgroei een rozet vormen. Daarna gaat de plant over in de generatieve fase, tijdens welke zich een bloeistengel ontwikkelt die sterk uitgroeit en waarop vervolgens een bloeiwijze wordt gevormd. Doordat de groei van de witlofkrop in het donker plaatsvindt, treedt geen bloemvorming op, maar wordt wel de ontwikkeling van de bloeistengel op gang gebracht, wat resulteert in het schieten van de pit. De lengte van deze pit heeft een negatieve invloed op de kwaliteitsbeoordeling van de krop. Het doorschieten van de pit tijdens de forceerperiode neemt ernstiger vormen aan naarmate het trekseizoen vordert en de wortels langer bewaard zijn. Vooral tijdens de late trek wordt de pitlengte problematisch.

In de pit kunnen bruinverkleuringen optreden in de vorm van plekken of diffuse lagen in het centrale weefsel. Het optreden van bruine pit, zoals dit verschijnsel wordt genoemd, is erg nadelig voor de kwaliteit van de krop en heeft van alle fysiologische afwijkingen bij witlof de afgelopen jaren de meeste problemen opgeleverd. Het komt vooral voor vanaf de midden-vroege trek en de mate van optreden van bruine pit neemt toe met het vorderen van het trekseizoen. Het bruine pit-probleem dook eind jaren '70 op met de introductie van de productieve Franse hybride 'Zoom'. Aan deze fysiologische afwijking is bij witlof ongetwijfeld het meeste onderzoek verricht, vooral in Frankrijk.

Evenals roodverkleuring en bruinrand is het optreden van bruinverkleuring in de pit een verschijnsel dat te maken heeft met een lokale calciumdeficiëntie. Het verschil is echter dat het bij bruine pit binnen in de krop optreedt. Hierdoor wordt het vaak vergeleken met het optreden van bruinrand bij andere gewassen, zoals sla, andijvie en chinese kool, daar dat ook binnen in de krop aan de jongere bladeren optreedt. Calciumdeficiënties treden vooral op bij nieuwe hoog-productieve cultivars van verschillende gewassen. Ook de morfologische kenmerken van bruine pit komen sterk overeen met aan calciumdeficiëntie gerelateerde verschijnselen in andere gewassen (Den Outer, 1989). De relatie tussen calciumdeficiëntie en de groei-omstandigheden is in de paragraaf 'Bruinrand' uitgebreid behandeld, zodat naar dat hoofdstuk wordt verwezen en het hier niet verder wordt toegelicht. Overeenkomstig de behandeling tegen bruinrand bij voorgenoemde gewassen wordt ook het optreden van bruine pit verminderd door het groeipunt op de witlofwortel voor forceren te bespuiten met, of te dompelen in, een oplossing van calciumchloride (Jolivet *et al.*, 1988; Van Kruistum, 1988), waarbij wel een reductie van de kropproductie kan optreden. Wanneer de concentratie echter niet te hoog is kan het spuiten met een calciumchloride-oplossing de kropopbrengst ook groter zijn (Aaldering, 1994^a; Van den Broek, 1994). Bespuiten met calciumnitraat zou het optreden van bruine pit ook reduceren, zonder enige opbrengstderving (Van Kruistum, 1988). Bruine pit treedt net als roodverkleuring en bruinrand ook pas in een laat stadium op, maar al wel tijdens forceren en niet pas tijdens de naoogstbehandeling en de uitstalling van de krop. Ondanks de overeenkomsten met betrekking tot de oorzaak, een calciumdeficiëntie, en het proces van verkleuring, wat te maken heeft met het kapotgaan van cellen en het oxyderen van uit de vacuolen vrijgekomen fenolen (Den Outer, 1989), zijn de factoren die bruine pit

veroorzaken niet hetzelfde als de factoren voor roodverkleuring en bruinrand. Het optreden van roodverkleuring en bruinrand is positief gecorreleerd aan de lengtegroei van de pit en kunnen dan ook samen voorkomen. Bruine pit treedt juist op wanneer de pit relatief kort blijft, en komt juist niet tegelijk met roodverkleuring en bruinrand voor: een zogenaamde antagonistische correlatie. Dat bruine pit minder voorkomt bij een langere pit is overigens geen absolute correlatie, daar tijdens forceren de lengte van de pit toeneemt, maar ook de mate van bruinverkleuring van de pit. Dit heeft te maken met het feit dat op een bepaald moment tijdens forceren een bruinverkleuring ontstaat die daarna nog verder toeneemt: het bruin verkleurde pitoppervlak neemt wel toe, maar het aantal plekken nauwelijks (Reerink, 1993). Dit betekent dat alleen de kans op het ontstaan van bruine plekken afneemt naarmate de pit verder is uitgegroeid, maar dat niet het proces van bruinverkleuring in reeds verzwakt weefsel geremd kan worden. Het is daarom waarschijnlijk dat, evenals bij roodverkleuring en bruinrand, de calciumdeficiënties in de pit reeds in een vroeg stadium tijdens forceren ontstaan en pas tot uitdrukking komen wanneer strekking van de cellen optreedt. In deze context zou de negatieve correlatie tussen pitgroei en het optreden van bruine pit eerder betrekking hebben op het vroeg starten dan op de snelheid van de pitgroei.

Wanneer het schieten van de pit vroeg start zal dat waarschijnlijk ten koste gaan van de investeringen in de bladgroei. In ieder geval wordt een groter deel van de opname van water en nutriënten naar de groeiende pit gedistribueerd, zodat daar minder makkelijk een tekort aan calcium zal optreden. Dit impliceert tevens dat in die fase wel eerder een calciumtekort in de zich dan ontwikkelende bladeren kan ontstaan.

Zoals in het begin van dit hoofdstuk reeds werd beschreven, is het schieten van de pit een gevolg van de overgang van een vegetatieve naar een generatieve fase. De inductie van de overgang naar de generatieve fase wordt bereikt door de plant te vernaliseren middels een koude behandeling en/of lange-dag condities (Badila & Paulet, 1986; Paulet, 1979). De bloei-inductie wordt hormonaal gereguleerd en gaat gepaard met een toename in de productie van het groeihormoon gibberelline, dat een hoge celdelingsactiviteit in de subapicale meristemen tot gevolg heeft, waardoor bij rozetplanten de stengel gaat doorschieten. In onderzoek aan chinese kool werd een toename van bruinrand waargenomen wanneer de planten door een koude behandeling werden gevernaliseerd (Pressman *et al.*, 1993). De bloeiinductie werd versterkt wanneer na de vernalisatie een lange-dag behandeling werd gegeven of wanneer GA₃ op de bladeren werd gespoten, waardoor ook het optreden van bruinrand toenam. Het uitwendig aanbrengen van gibberelline kan ook als vervanging voor een koude behandeling dienen. Ook blijkt dat uitwendig toedienen van GA₃ 'zwart hart' in selderij kan veroorzaken. In ander onderzoek werden juist groeiremmers, die de vorming van gibberelline verhinderen, op de bladeren van chinese kool (Aloni *et al.*, 1986) en sla (Borkowski, 1988) gespoten, waardoor het optreden van bruinrand verminderde. Het calciumgehalte in de jonge bladeren bleek hierbij toegenomen te zijn. Ook na bespuiting van bladeren met GA₃ kon het optreden van bruinrand weer wat gereduceerd worden door bespuiting met calciumchloride (Pressman *et al.*, 1993). Dit doet vermoeden dat de groei van de bloeistengel om calcium concurreert met de bladeren.

Niet alleen gibberelline beïnvloedt de distributie van calcium in de krop, maar ook het groeihormoon auxine (IAA), waarbij een relatie blijkt te bestaan tussen het auxine transport van het spruitgroeipunt naar beneden (basipetaal transport) en calciumtransport van de wortel naar het groeipunt (acropetaal transport) van de spruit van sla (Banuelos *et al.*, 1988). Door het toevoegen van TIBA, een remmer van het auxine-transport, werd zowel het basipetale transport van IAA als het acropetale transport van gelabeld calcium (⁴⁵Ca) verhinderd, waaruit blijkt dat ook naar gering transpirerend weefsel calciumtransport kan plaatsvinden door de aanwezigheid van een polair auxine-transport. Ook door het spuiten van een NAA-oplossing

(synthetische auxine) op slabladeren werd rand in de binnenste bladeren verminderd, doordat het calciumgehalte in deze bladeren toe- en het fenolgehalte afnam (Borkowski, 1988; Ostrzycka *et al.*, 1989). Zowel door het bespuiten van bladeren met een NAA-oplossing als door toediening aan de wortels werd de opname door de wortels en het transport van ^{45}Ca naar de krop van chinese kool bevorderd. Ook de distributie in de krop werd er door beïnvloed: in plaats van een verloop van 130 naar 60 ($\times 10^{-3}$ dpm/100 mg DS) van de buitenste naar de binnenste bladeren in de controleplanten werd een verloop van 120 naar 250 gemeten in de behandelde planten. Eenzelfde distributie werd waargenomen wanneer ^{45}Ca op de krop werd gespoten, waarbij ook transport van de bladeren waar ^{45}Ca werd opgenomen naar de jongere bladeren plaatsvond. Zo'n effect vond zelfs plaats tijdens de naoogst bij de bewaring van de krop. De bespuiting van de krop met een mengsel van calciumchloride en NAA tijdens de kropontwikkeling had een meer dan 80 % reductie van bruinrand tot gevolg in acht succesieve jaren.

Dit betekent dat de distributie van calcium in de witlofkrop mogelijk ook hormonaal bepaald wordt, met als gevolg dat afhankelijk van de fysiologische toestand (rijpheid) van de wortel er calciumdeficiënties in de bladeren (roodverkleuring en bruinrand) of in de pit (bruine pit) kunnen ontstaan. Dit kan veroorzaakt worden door een concurrentie om calcium als gevolg van een hormonaal gestuurde blad- dan wel pitgroei, door een hormonaal gestuurd calciumtransport vanuit de wortel, of misschien zelfs door een hormonaal gestuurde (re)distributie van calcium binnen de krop.

De invloed van de wortelsamenstelling op de pitgroei is duidelijk te zien aan het effect van de bewaarperiode van wortels. Langer bewaarde wortels vormen kroppen waarin eerder pitgroei zal optreden. Door het aanhouden van een lagere forceertemperatuur wordt in een zelfde forceertijd een zelfde kropproductie bereikt als bij forceren van korter bewaarde wortels bij een hogere temperatuur, maar is de pit langer en treedt er ook meer bruine pit op (Reerink, 1993). Ook bij wortels met een hoog stikstofgehalte is het optreden van schot en bruine pit groter dan bij stikstofarme wortels, doordat de stikstofrijke wortels tijdens bewaring sneller 'rijpen' en er een grotere initiële groei van de krop optreedt (Reerink, 1993). Hierdoor kan er in het begin van forceren een calciumgebrek optreden in de pit, maar vervolgens is de pitgroei groter dan bij stikstofarme wortels en breidt de reeds ontstane bruinverkleuring zich verder uit (zie ook paragraaf 'Bruinrand'). Hetzelfde geldt ook voor grote in vergelijking met kleine wortels: een uiteindelijk langere pit met meer bruinverkleuring er in.

Wanneer het kaliumgehalte van de voedingsoplossing wordt verhoogd levert dat een hogere kropproductie op, maar ook een grotere pitgroei al vanaf het begin van forceren (Reerink, 1993). Waarschijnlijk is dit de reden dat bij forceren op een kaliumrijke voedingsoplossing minder bruine pit voorkomt, maar het kan ook zijn dat door de minder gesloten krop er een betere verdamping binnen in de krop is.

3. Interviews

Om meer inzicht te krijgen in de kennis en ervaring die in de praktijk over kwaliteitskenmerken aanwezig is, zijn een aantal interviews gehouden met personen die op verschillende manieren betrokken zijn bij de teelt van witlof, en die daardoor vanuit verschillende invalshoeken ervaring hebben met het optreden en vermijden van kwaliteitsproblemen.

Gesprekken zijn gevoerd met de hieronder genoemde personen:

- De heer B. van Gils, de heer R. Spruit, de heer J. van Arendonk, mede namens de heer C. Logtenberg, en de heer J. Gerardts: leden van de witlofcommissie van de federatie van Nederlandse Tuinbouw Studiegroepen (NTS).
- De heer A. Ton van het Produktschap voor Groenten en Fruit (PGF).
- De heer F. Meddens en de heer K. Helderma van Nunhems Zaden.
- De heer P. Zelman van het Kwaliteits Controle Bureau voor Groenten en Fruit (KCB).
- De heer P. Degreef van het Centraal Bureau van de Tuinbouwveilingen (CBT).
- De heer R. Sarrazijn, de heer C. Vanderschelden en de heer A. Coysman van het Provinciaal Onderzoek- en Voorlichtingscentrum voor Land- en Tuinbouw van de provincie West Vlaanderen, België.
- De heer G. van Kruistum van het Proefstation voor de Akkerbouw en de Groenteteelt in de Vollegrond (PAGV).
- De heer A. Limami van het INRA - Laboratoire du Métabolisme, Frankrijk.

3.1. Optreden kwaliteitsafwijkingen

In eerste instantie is gevraagd hoe verschillende kwaliteitsafwijkingen zich manifesteren: *waar en hoe ze in de krop voorkomen, op welk moment ze tijdens het forceren zichtbaar worden, en in welke periode van het forceerseizoen ze het meest optreden.*

roodverkleuring

Roodverkleuring is altijd beperkt tot de onderste helft van de krop. Het treedt pas na de oogst op, en is soms al bij de aanvoer op de veiling, maar meestal pas na 4 à 5 dagen uitstalling zichtbaar (Zelman, Degreef). Naarmate het lof langer wordt uitgesteld neemt roodverkleuring sterk toe. Het komt het eerst voor in de buitenste bladeren, maar kan in een later stadium ook binnen in de krop worden aangetroffen. Volgens Sarrazijn en Van Kruistum wordt de roodverkleuring uiteindelijk wel bruin, maar wordt dat in de praktijk niet veel waargenomen; Degreef is echter van mening dat de roodverkleuring al na enkele dagen wat bruinig wordt. Er zijn twee soorten roodverkleuring. In de vroege trek treedt roodverkleuring op in de vorm van strepen in de lengterichting van de krop, welke regelmatig over de basale bladhelft verdeeld zijn, en die zich aan de onderzijde van het blad bevinden. In de late trek treedt roodverkleuring op in de vorm van stippen of vlekken, die zich alleen aan de bovenzijde van het blad ontwikkelen, maar later ook door het blad heen aan de buitenkant van de krop zichtbaar zijn (Van Kruistum, Sarrazijn). Er wordt daardoor in de praktijk meestal gesproken over 'roodverkleuring' en 'inwendig rood' bij respectievelijk de vroege en de late trek, maar soms wordt de roodverkleuring in de vroege trek duidelijkheidshalve ook wel 'uitwendig rood' genoemd. Uitwendig rood komt in de vroege trek voor van ongeveer begin oktober tot ver in december en inwendig rood al vanaf november (Degreef). Dat men op de veilingen ook nu in september

al met inwendig rood wordt geconfronteerd, heeft volgens Degreef te maken met het feit dat nog veel wortels van het vorige jaar worden gebruikt, maar in het eerste PAGV-experiment dit seizoen (september) met de trek van nieuwe wortels bleek na de eerste beoordeling (3 dagen uitstalleven) al roodverkleuring op te treden: niet alleen uitwendig, maar ook inwendig rood (Van Kruistum).

bruinrand

Bruinrand is, zoals de naam al zegt, een bruinverkleuring van weefsel aan de rand van de buitenste bladeren, meestal op halve hoogte van het blad (Sarrazijn), maar kan de gehele bladrand van top tot basis beslaan (Van Kruistum). Het komt ook in twee verschillende vormen voor, nl. droogrand en glazigheid (Sarrazijn), hoewel volgens Van Kruistum bruinrand bij witlof meestal een vorm van droogrand is. Het treedt ook na 1 à 3 dagen uitstalling pas op, maar is makkelijker zichtbaar doordat het aan de buitenste bladeren van de krop voorkomt (Van Kruistum). Ook volgens Degreef en Zelman komt bruinrand meestal nog niet voor bij aanvoer van de kropen op de veiling, maar is wel eerder zichtbaar dan roodverkleuring: de volgende ochtend al. Evenals roodverkleuring komt bruinrand meer, of in sterker mate, voor naarmate de kropen langer zijn uitgestald. Het optreden van bruinrand vindt het sterkst plaats in ongeveer dezelfde perioden van het trekseizoen als dat het geval is voor roodverkleuring (Degreef).

schot

Schot in wilof is het doorschieten van de pit en treedt aan het einde van het forceren op. De pit kan echter tijdens het uitstalleven nog aanzienlijk doorgroeien (Zelman, Degreef, Van Kruistum, Sarrazijn). Volgens Zelman neemt het optreden van schot af tijdens het seizoen, maar volgens Van Kruistum komt het waarschijnlijk het meest voor in de late trek, door het geringere temperatuursverschil tussen forceren en uitstalling.

bruine pit

Bruinverkleuringen in de pit, bruine pit genoemd, ontstaan al in een redelijk vroeg stadium tijdens forceren en komen ook in verschillende vormen voor, nl. een diffuse verkleuring of een duidelijk begrensde plek (appelpit), die zich ook nog verder tot holle pit kan ontwikkelen (Van Kruistum). Wanneer welke vorm het meest voorkomt is niet duidelijk. Er is ook nog een derde vorm van bruine pit die in Frankrijk veel voorkomt in de vroege trek, waarbij het hele centrale deel van de pit van boven tot onder bruin tot zwart verkleurd is (Degreef, Limami). Volgens Zelman neemt bruine pit toe tijdens het forceerseizoen, maar uit Frans onderzoek blijkt bij een ras als Flash, dat daar het hele jaar door geforceerd wordt, bruine pit toe te nemen tot januari/februari, waarna het vervolgens afneemt tot april/mei (Van Kruistum). Daarna zou het mogelijk nog weer toe kunnen nemen. Een verschil met de voorgenoemde kwaliteitsafwijkingen is dat bruine pit tijdens het uitstalleven niet meer toe neemt (Van Kruistum, Degreef).

correlaties

Wanneer roodverkleuring optreedt zal er niet gauw tegelijkertijd bruine pit in de krop voorkomen, en vice versa (Sarrazijn, Van Kruistum): dat heeft te maken met de relatie die er is tussen de pitlengte en beide kwaliteitsproblemen. Bruine pit komt vooral voor wanneer de pit klein blijft, terwijl roodverkleuring juist veel optreedt bij kropen met een lange pit (Sarrazijn, Van Kruistum, Spruit). Dit is ook door te trekken naar rassen: in Franse rassen blijft de pit klein en hebben ze veel last van bruine pit, maar roodverkleuringen kennen ze niet (Meddens, Helderman). Bij het PAGV-experiment met de eerste trek dit seizoen van nieuwe wortels blijkt naast veel roodverkleuring (zie eerste paragraaf 'Optreden kwaliteitsproblemen') in kropen

van een andere partij wortels van een ander ras ook veel appelpit voor te komen (Van Kruistum). Bij de witlofkeuringen van het KCB is echter volgens Zelman geen duidelijke relatie te vinden tussen het voorkomen van schot en het optreden van roodverkleuring. Deze relatie wordt door Degreef echter wel bevestigd.

Evenals het parallel optreden van roodverkleuring en lange pit, komt ook meer bruinrand voor in kroppen met lange pit, waardoor bruinrand en roodverkleuring regelmatig in dezelfde kroppen kunnen voorkomen (Sarrazijn). Degreef bevestigt dat bruinrand en roodverkleuring wat betreft hun voorkomen niet uit elkaar te houden zijn en dat er ook een sterke correlatie tussen blijkt in de resultaten van de houdbaarheidstesten. Helderman betwijfelt het parallelle optreden van roodverkleuring en bruinrand, aangezien sommige rassen specifiek roodgevoelig, zoals Rinof, en andere rassen juist randgevoelig zijn, zoals Daliva.

3.2. Teeltfactoren en adviezen

Een belangrijk gespreksonderwerp vormde de vraag *welke factoren tijdens het productieproces van witlof van invloed zijn op het optreden van kwaliteitsafwijkingen en welke maatregelen in de praktijk worden aangeraden om deze afwijkingen te vermijden.*

oogst en uitstalleven

Roodverkleuring en bruinrand treden pas na de oogst op en de verschijnselen nemen ernstiger vormen aan wanneer de uitstaltemperatuur hoger is. Het is hierbij van belang dat het lof zo snel mogelijk na de oogst wordt teruggekoeld, om de problemen te beperken (Van Kruistum, Sarrazijn, Spruit). Door snel terug te koelen kan bij een lagere temperatuur (1 tot 4°C) worden uitgesteld dan nu op de veilingen wordt gehanteerd (6 tot 8°C), zonder risico voor lage temperatuurbederf (Van Kruistum). Bij een experiment met het uitstallen van witlof in plastic zakken, zoals dat in Frankrijk veel gebeurt, verwachtte men dat het de houdbaarheid ten goede zou komen, maar roodgevoelig lof gaf juist een veel slechtere kwaliteit, wat wordt geweten aan het langzamer terugkoelen van het lof in de zakken (Degreef). Er wordt op het moment op de veilingen gebruik gemaakt van natte doorstroomkoeling, maar men heeft daar momenteel wat twijfels bij omdat droog koelen veel sneller gaat (Degreef). Ook Sarrazijn is van mening dat het nat uitstallen van witlof grote risico's met zich mee brengt, daar het ook bruinrand en natrot in de hand werkt. Van Kruistum vraagt zich af of er wel genoeg bekend is om te kunnen stellen dat het uitstallen van nat of droog lof verschil oplevert voor de houdbaarheid. Volgens hem is het zinvoller om onderzoek te verrichten naar het effect van koeling vóór de oogst.

Een invloed van verpakking op de houdbaarheid van het lof wordt door niemand echt bepaald. Roodverkleuring treedt net zo goed op in kleinverpakt als in los witlof, maar bruinrand mogelijk iets meer in kleinverpakt lof (Zelman). Volgens Degreef wordt bruinrand echter niet per se bevorderd door de kleinverpakking, en is die relatie bovendien moeilijk te leggen omdat voor de kleinverpakking andere rassen en kleinere kroppen (maat 3 à 4) gebruikt worden, die meer op houdbaarheid zijn geteeld.

forceren

De relatie tussen het optreden van roodverkleuring, maar ook van bruinrand, met de grootte van de krop wordt door vrijwel iedereen wel gelegd. Meddens deelt mee dat bij het ontwikkelen van een nieuw ras een aantal lijnen, die na de nodige selectieronden zijn overgebleven, bij telers onder praktijkomstandigheden worden getest, maar dat in de loop van de tijd de witloftrek nogal sterk is veranderd, waardoor er verschijnselen kunnen optreden die in het

begin niet geconstateerd werden. Helderma n licht dit toe aan de hand van Rinof: in eerste instantie werd een veel hogere opbrengst verkregen dan bij andere rassen, nl. 50 i.p.v. 30 kg per bak. Dat was toen heel veel, maar nu is de opbrengst door nieuwe forceertechnieken toegenomen tot 70 kg/bak en er treden dan ook problemen als roodverkleuring op. Het meest voorkomende advies dat wordt gegeven om roodverkleuring en bruinrand te voorkomen is dan ook om het lof niet te laat te oogsten, ook al gaat dat ten koste van de opbrengst (Van Kruistum, Sarrazijn, Meddens/Helderma n, Spruit). Dit heeft ook minder schotvorming tot gevolg. Het jonger oogsten van een krop kan eveneens verkregen worden door een lagere trektemperatuur aan te houden en veroorzaakt dan ook minder schot en roodverkleuring (Van Kruistum). Sarrazijn merkt hierbij echter op dat laat oogsten bij een lagere temperatuur een stabielere pit oplevert tijdens het uitstalleven, en dat bij vroeg oogsten bij een hogere temperatuur wel een zelfde of kortere pit wordt verkregen, maar dat die meer en verder doorgroeit tijdens het uitstalleven (inhaalactie). Ook het optreden van roodverkleuring neemt daardoor bij vroeg geoogste kroppen, die bij een hoge temperatuur zijn geforceerd, sterker toe tijdens het uitstalleven. Van Kruistum verwacht juist dat kroppen die bij een lagere temperatuur zijn geforceerd eerder zullen doorschieten tijdens het uitstalleven, omdat de koeltemperatuur tijdens uitstalling dan minder verschilt van de forceertemperatuur. Hij voegt hieraan toe dat het doorschieten van de pit eerder afhankelijk is van de pitlengte op het moment van oogsten: vooral lange pit, bv. 75 %, kan tijdens het uitstallen tot ver boven de krop doorschieten (Van Kruistum, Degreef).

Zelma n is er niet zo zeker van dat er meer roodverkleuring zou optreden in grote dan in kleine kroppen, maar dat roodverkleuring alleen eerder zichtbaar wordt in grote kroppen. Wel komt bruinrand volgens hem meer voor bij grote dan bij kleine kroppen.

Sarrazijn vertelt dat men bij TTW een eigen theorie heeft over de forceerstrategie om kwaliteitsproblemen zoveel mogelijk de voorkomen: in het begin van de trek meteen een hoge temperatuur, om snel zo veel mogelijk reservekoolhydraten af te breken en suikers vrij te krijgen voor de kropgroei, en vervolgens de temperatuur verlagen naarmate de trek vordert. In Roeselare is men van mening dat de overgang van koude bewaring van de wortels naar de forceeromstandigheden geleidelijk moet verlopen, d.w.z. langzaam opbouwen van de forceertemperatuur, maar dat wel aan het einde van de trek de temperatuur afgebouwd moet worden om het inkoelen te versnellen en lage temperatuurbederf tijdens het uitstalleven te vermijden (Sarrazijn/Vanderschelden/Coysma n). Ook Van Kruistum meldt dat vroeger een zogenaamde voortrek werd uitgevoerd, maar dat de noodzaak daarvan later niet meer aanwezig bleek.

Over de aanpassing van de voedingsoplossing tijdens forceren ter voorkoming van roodverkleuring zijn de meningen verdeeld. Sarrazijn is van mening dat roodverkleuring in sterke mate optreedt in kroppen met een laag kalium- en een hoog calcium-, chloor- en fosfaatgehalte: uit empirisch onderzoek in Roeselare blijkt dat de voedingsoplossing aan het einde van de trek, de laatste 10 dagen, meer kalium en minder calcium moet bevatten, en dat de EC verhoogd moet worden om een grote wateropname te vermijden. Van Kruistum daarentegen, neemt in zijn experimenten geen effect van een verhoogde EC waar op het optreden van roodverkleuring. Wel blijkt ook in zijn onderzoek dat een kaliumrijke voedingsoplossing het optreden van roodverkleuring reduceert, maar hij vindt dat het huidige PAGV-voedingsschema daaraan ruim voldoet en dat een extra kaliumgift aan het einde van de trek dan ook niet nodig is. Helderma n is evenals Sarrazijn van mening dat een extra kaliumbemesting aan het eind van de trek nodig is ter vermindering van roodverkleuring, ook bij het PAGV-voedingsschema.

Tevens aan het eind van de trek de luchtvochtigheid verlagen, en zodoende de verdamping van de krop verhogen, kan volgens Sarrazijn bijdragen aan het verminderen van roodverkleuring. Er zijn echter volgens Van Kruistum geen gegevens over de relatie tussen de lucht-

vochtigheid en het optreden van roodverkleuring; bij de verdamping is volgens hem niet alleen de luchtvochtigheid, maar vooral de luchtbeweging en de buitentemperatuur van belang.

Wat betreft het optreden van bruinrand, zou een lage EC van de voedingsoplossing lossere en grovere kroppen veroorzaken met wat meer bruinrand (Vanderschelden, Coysman). Volgens Van Kruistum komt bruinrand meer voor wanneer de groei van de krop gering is als gevolg van weinig voeding. Sarrazijn schrijft droogrand toe aan een tekort en glazigheid aan een overmaat aan wateropname, zodat de oplossing voor het vermijden ervan volgens hem dan ook simpel is, nl. het verlagen van de EC en verhogen van de relatieve luchtvochtigheid bij droogrand en het verhogen van de EC en verlagen van de relatieve luchtvochtigheid bij glazigheid. Ook 'point noir' kan evenals droogrand voorkomen worden door een hoge luchtvochtigheid (Sarrazijn).

Volgens Zelman vraagt men zich momenteel ook af of het optreden van roodverkleuring niet op een andere manier met het voedingswater te maken heeft, nl. met een teveel aan chloor dat mogelijk in de voeding zou kunnen zitten als gevolg van de ontsmetting van de installatie voor forceren. Ook Sarrazijn maakte hierover een opmerking, waarbij hij zei dat het vooral bedoeld was als vraag, nl. dat er grote verschillen zijn in het gebruik van waterstofperoxyde bij de reiniging van de installatie, waarbij het hem niet bekend is of dat wordt opgenomen, en of dat effect heeft op de kropsamenstelling en misschien op roodverkleuring.

wortelteelt

Optimaal forceren is volgens de meesten echter niet een standaard, maar een aanpassing aan de toestand van de wortels die voor forceren gebruikt worden. De roodverkleuring die vorig jaar bij Bea in de vroege trek veel optrad, was volgens Spruit eerder een gevolg van de slechte zomer, en de daardoor verkregen 'waterpennen', dan van de forceeromstandigheden; hij voorspelt dat dit jaar, nu de planten op het veld meer zon hebben gehad en daardoor een hoger drogestofgehalte hebben, er minder problemen met roodverkleuring zullen optreden. Roodverkleuring, zowel inwendig als uitwendig rood, en bruinrand nemen af naarmate later wordt geforceerd, wanneer 'rijpere' wortels worden gebruikt (Degreef), daar ondanks dat de schietneiging dan groter is, een lagere forceertemperatuur aangehouden kan worden (Van Kruistum). Het te vroeg forceren van wortels, d.w.z. in een periode waarin ze voor forceren nog niet geschikt zijn, heeft vooral grote gevolgen voor het optreden van roodverkleuring, maar minder voor bruinrand (Van Kruistum). Het is daarom van groot belang dat niet te laat gezaaid wordt en dat de wortels goed worden bewaard, zodat ze exact rijp zijn op het moment van inzetten (Helderman). Volgens Sarrazijn moet daarbij ook goed onderscheid gemaakt worden tussen wortels die tegelijkertijd geteeld zijn: wortels met een grotere diameter produceren kroppen met meer roodverkleuring, daar ze rijper zijn en eerder geforceerd zouden moeten worden. In tegenstelling tot de algemene relatie tussen bruinrand en roodverkleuring komt bruinrand minder voor bij grote dan bij kleine wortels (Sarrazijn).

Stikstofrijke wortels, die ook rijper zijn, vertonen een zelfde relatie met roodverkleuring als de worteldiameter. Sarrazijn is van mening dat roodverkleuring meer optreedt bij wortels met een laag kalium-, magnesium-, calcium- en drogestofgehalte, een geringe suikerafbraak (hoog inulinegehalte) en een hoog nitraat- en totaal stikstofgehalte. Volgens Van Kruistum is er echter veel te weinig bekend over de invloed van verschillen in wortelsamenstelling op de houdbaarheid van de krop om er gedetailleerde uitspraken over te kunnen doen. Het is hem bijvoorbeeld niet bekend of het kaliumgehalte van de wortel specifiek invloed heeft op het optreden van roodverkleuring, maar hij heeft wel waargenomen dat de algemene kwaliteit van de krop juist slechter is bij een hoog kaliumgehalte van de wortel.

Het is niet alleen belangrijk om te weten hoe de samenstelling van de gerooide wortel is, maar ook wat er tijdens bewaring verandert: waarom treedt er bij op hetzelfde veld geteelde

wortels van hetzelfde ras, die gelijktijdig geoogst zijn, bij de trek in februari geen roodverkleuring op, terwijl dat in juli en augustus wel het geval is? (Meddens).

Volgens Degreef volgen goede telers nauwkeurig hoe de teelt op het veld verloopt, voeren ze een proeftrek uit en laten ze stikstof-, mineralen- en inulinebepalingen uitvoeren. Momenteel wordt in de praktijk veelal nog het drogestofgehalte van de wortels gebruikt voor de rijpheidsbepaling van de wortel, wat echter alleen in de vroege trek een goede indicatie geeft (Sarrazijn). De meeste analyses die telers laten uitvoeren, beperken zich tot het stikstof- en kaliumgehalte van de wortel; bepaling van suikergehalten is nog teveel koffiedik kijken, wat ook geldt voor mineralen als fosfaat, magnesium en calcium (Van Kruistum).

veredeling

Meddens benadrukt dat, hoewel er een relatie is tussen de toegenomen kropproductie in de laatste jaren en het ontstaan van kwaliteitsproblemen, de koppeling tussen kropgroei en het optreden van roodverkleuring niet 100 % is en dat genetische aspecten wel degelijk een belangrijke rol spelen. Zo hebben Franse rassen ook een hoge produktie, maar treedt daarbij geen roodverkleuring op; zij hebben daarentegen veel last van bruine pit en hun pit blijft klein (Helderman). Er zijn ook in Nederland rassen die gevoeliger zijn voor bruine pit. Bovendien zijn er rassen die wel schotgevoelig zijn, maar geen last hebben van roodverkleuring of bruinrand, en rassen die wel bruinrand- maar niet roodgevoelig zijn (Van Kruistum, Degreef).

In het begin werd de selectie van rassen hoofdzakelijk uitgevoerd met het oog op produktie, oogstbaarheid en uitwendige kwaliteit; nu ook meer op verschillende inwendige kwaliteitskenmerken (Sarrazijn). Het grootste verschil tussen Frankrijk en Nederland is dat daarbij de veredeling er een heel andere richting heeft gekregen. De eerste Zoom-lijnen in Frankrijk hadden al last van bruine pit, maar dat werd daar niet als een erg groot probleem gezien, terwijl dat in Nederland en België al meteen een taboe was (Sarrazijn). Bovendien werd in Frankrijk de veredeling gericht op rassen die het hele jaar door geforceerd konden worden en in Nederland werd juist gericht op verschillende rassen voor de vroege-, middenvroeg- en late trek (Meddens, Van Kruistum).

Vroege en late rassen hebben volgens Meddens overigens dezelfde fysiologische ontwikkeling, maar is er alleen een verschil in ontwikkelingssnelheid. In hoeverre echter de rasverschillen tot uitdrukking komen in b.v. de wortelsamenstelling en de veranderingen daarin tijdens bewaring is geen van allen bekend.

Betreffende de vraag naar de huidige stand van zaken in het veredelingsonderzoek antwoordt Meddens dat er geen onderzoek in Nederland meer plaats vindt: vroeger was dat wel het geval op het tegenwoordige CPRO, waar o.a. Eenink veredelingsonderzoek heeft uitgevoerd aan witlof, en waaruit de voorouders van Rinof afkomstig zijn. Nu vindt de veredeling plaats door selectie op de zaadbedrijven, waarbij een behoorlijk aantal kruisings- en selectiestappen voorafgaan aan de ontwikkeling van een paar lijnen die op praktijkschaal getest kunnen worden. Aangezien witlof een tweejarige plant is, is het wel voor te stellen dat elke stap een aantal jaren in beslag neemt. Ook de testfase in de praktijk duurt wel even voor een nieuw ras uiteindelijk op de markt verschijnt, zodat het niet te verwachten is dat we binnen zes jaar met een nieuw roodvrij ras op de markt zullen verschijnen (Meddens). Degreef voegt hier aan toe dat, hoewel de veredelaars zeggen dat ze binnen tien jaar een nieuw ras kunnen ontwikkelen dat ongevoelig is voor rood, daarmee nog niet gezegd is dat zich bij deze rassen dan geen andere kwaliteitsproblemen zullen voordoen.

3.3. Kwaliteit in de praktijk

ernst

Op de vraag *welke kwaliteitsafwijking nu het belangrijkste probleem is*, werd geantwoord dat van alle kwaliteitsafwijkingen de houdbaarheid het grootste probleem is (Sarrazijn), waarbij roodverkleuring bovenaan staat (Van Kruistum, Degreef). Het is niet voor niets dat roodverkleuring een speerpunt is in het kwaliteitsprogramma van het CBT: bij aankomst op de veiling is er nog vrijwel niets van roodverkleuring te zien, maar na een paar dagen wel en een handelaar kan de kroppen niet sneller dan in 5 dagen in de winkels hebben liggen. (Degreef, Zelman). Probleem is daardoor dat roodgevoelig lof eerst wel verkocht wordt, maar dat zonder maatregelen de markt later instort omdat de afnemers het niet meer willen hebben, zoals in '92/'93 bij de export naar Italië (Degreef). Normaal vormt roodverkleuring vooral in de late trek een groot probleem, maar dit seizoen is het ook in de vroege trek al sterk aanwezig, niet alleen door gebruik van oude wortels (Zelman), maar ook bij recent geoogste wortels (Van Kruistum): zie eerste paragraaf 'Optreden kwaliteitsafwijkingen'.

Toch kan in zowel België als Nederland naast roodverkleuring ook schot in bepaalde perioden van het forceerseizoen een groot probleem zijn voor de kwaliteit van witlof (Sarrazijn, Degreef), zoals dat bijvoorbeeld nu het geval is (Zelman). In Frankrijk komt daarentegen geen roodverkleuring voor, maar daar is juist bruine pit het grootste kwaliteitsprobleem (Limami, Van Kruistum, Sarrazijn, Degreef).

Om een indruk te krijgen van de ernst van de problemen werd gevraagd *welke consequenties met name roodverkleuring op de veilingresultaten heeft*.

Volgens Zelman wordt op de veilingen op jaarbasis 15 tot zelfs 40 % van het lof afgekeurd als gevolg van roodverkleuring. Aangezien echter op jaarbasis 85 % van alle witlof als klasse I wordt verkocht, is dat volgens Degreef niet mogelijk en gaat het om een paar procent tot soms 10 %; het zou wel kunnen als het gaat over lof dat niet als Super wordt verkocht. Ook Van Kruistum denkt dat het bij roodverkleuring om een paar tot 5 procent afgekeurd lof gaat, maar hij voegt er aan toe dat het wel de keuring voor verkoop betreft en niet de houdbaarheidstesten die daarna worden uitgevoerd: uit de resultaten van deze houdbaarheidstesten blijkt dat hoewel bij aanvoer 2 tot 5 % van de witlof door roodverkleuring niet als klasse I wordt beoordeeld, dit na 5 dagen uitstalling bij 8°C is toegenomen tot 40 %. In de late trek kan dit zelfs nog oplopen tot 50 of 60 %.

variatie

Aangezien het optreden van kwaliteitsafwijkingen als roodverkleuring, bruinrand, schot en bruine pit van een groot aantal factoren afhangt, werd de vraag gesteld of er ook *consequente verschillen* zijn waar te nemen *in de witlofkwaliteit* tussen telers en b.v. regio's. Het duidelijkste consequente verschil in het optreden van kwaliteitsafwijkingen is het verschil tussen Frankrijk en Nederland/België. Doordat men in Frankrijk geen last heeft van roodverkleuring zijn de veilingprijzen daar momenteel veel hoger, ondanks het optreden van bruine pit in de kroppen; bruine pit wordt daar echter niet als erg negatief beschouwd (Sarrazijn). Degreef legt uit dat dit verschil ook te verklaren is door het geringe aandeel van export in de veilingafzet in Frankrijk, waarbij komt dat ze met lotnummers werken en dus bepaalde loten die vrij zijn van bruine pit kunnen aanwijzen als geschikt voor export. In Nederland wordt juist een groot deel van de geproduceerde witlof geëxporteerd en omdat er geen goede normen voor waren was bruine pit 'uit de boze'. Die normen zijn nu beter geregeld, waardoor ook in

Nederland meer bruine pitgevoelige rassen gebruikt kunnen worden en roodverkleuring in bepaalde perioden wat zal verminderen.

Bovendien gebruikt men volgens Degreef in Frankrijk andere teeltmethoden: dik gezaaid en fijnere wortels, waaraan ook de forceercondities worden aangepast, zoals een zeer hoge luchtvochtigheid. Ook Meddens zegt dat de Fransen een hele andere manier van forceren hebben, zodat de rassen van Nunhems er daar heel anders uit zien en er ook niet zo geweldig in de markt liggen, wat overigens ook omgekeerd geldt. Van Kruistum is niet zo overtuigd van verschillen in forceermethoden tussen Frankrijk en Nederland en houdt het op een verschil in de veredelingsstrategie.

Behalve verschillen met de kwaliteit in Frankrijk bestaan er ook tussen witlofproducenten verschillen in de kwaliteit van witlof. De houdbaarheid van de kroppen is sterk afhankelijk van de nauwkeurigheid waarmee de telers forceren en van de gebruikte voedingsoplossing. Ook van de oogst: worden er vaste werknemers met ervaring gebruikt, of vakantiewerkers/studenten waarbij vaak vertraging en dus te late oogst ontstaat. Bovendien verschilt de manier van inkoelen sterk, evenals de kwaliteit van de wortels die worden gebruikt: eigen teelt of contractteelt (Sarrazijn). Spruit vult zijn aanwijzing, om maar eens bij de veilingen te vragen 'of ze iets kunnen zeggen over de relatie tussen het optreden van kwaliteitsproblemen en de herkomst van het lof', zelf al aan met de opmerking dat sommige bedrijven altijd lang lof leveren dat dan ook roodverkleuring vertoont.

Volgens Zelman komt roodverkleuring om een of andere reden meer in Noord-, zoals op de veilingen KZY en WFO, dan in Zuid Nederland voor, zoals op de veilingen CHZ en Breda. Bruinrand komt volgens hem juist veel in Zuid Nederland voor. Ook Degreef bevestigt dat er verschillen in het voorkomen van kwaliteitsafwijkingen zijn tussen de veilingen en dat dat te maken heeft met de aanvoer uit een bepaalde regio: telers steken elkaar aan en gebruiken gezamenlijk andere rassen of veranderen van trekstrategie. Bovendien zijn sommige veilingen meer gericht op kleinverpakt witlof, waarvoor andere rassen gebruikt worden en de kroppen kleiner zijn; andere veilingen hebben juist weer veel grove kroppen.

Van Kruistum merkt hierbij op dat ook het keuren op de veilingen een subjectief gebeuren is. Het kan volgens hem overigens wel zijn dat er per regio verschillen in kwaliteit voorkomen, daar men b.v. in Noord-Holland de forceerperiode liefst op exact drie weken wil houden, terwijl men in Zuid-Nederland mogelijk wat langer door forceert bij een lagere temperatuur. Ook worden in Noord-Holland veel wortels uit de vrij lichte gronden van de Wieringermeer- en de Noordoostpolder betrokken, terwijl in het zuiden veel wortels van de zwaardere gronden in Zeeland en West-Brabant komen (Van Kruistum). Volgens Spruit is echter de relatie tussen kwaliteitskenmerken en de herkomst van de wortels niet duidelijk: twee jaar geleden is op het ROC-Zwaagdijk een roodverkleuringsproef met 10 partijen Rinof-wortels van verschillende herkomst uitgevoerd, waaruit bleek dat wat betreft deze relatie er geen peil op te trekken is.

mogelijkheden

Naast de vragen over de bestaande kennis en de daaruit volgende adviezen ter voorkoming van het optreden van kwaliteitsafwijkingen is ook geïnformeerd naar *de mogelijkheden en de bereidheid in de praktijk om de uitgebrachte adviezen op te volgen.*

De informatiestroom vanuit het onderzoek wordt volgens Van Arendonk en Logtenberg door de praktijk redelijk goed gevolgd, vooral via de vakbladen. Daarnaast is er, o.a. via studieclubs, onderling veel uitwisseling. De adviezen worden ook opgepakt en sommigen passen ze zelfs meteen in hun eigen bedrijf toe. Zo werd het gebruik van calciumchloride in het zuiden al heel snel algemeen toegepast, en circa 2 jaar later ook in het noorden. Ook Van Kruistum noemt het voorbeeld van het toepassen van calciumchloride, wat het afgelopen seizoen door 20 tot 30 % van de telers werd opgevolgd en wat het komend seizoen nog wel meer gebruikt

zal worden door het gebleken effect bij de bestrijding van natrot. Eveneens wat betreft de koeling zijn de meeste bedrijven (60-70 %) wel in staat om de adviezen op te volgen en zullen ze dat in de meeste gevallen ook doen (Spruit). Hoewel het grootste deel van de telers, zo'n 85 %, de ideeën wel meeneemt in de bedrijfsvoering, zijn sommigen specifiek gericht op b.v. de Duitse markt of op kleinverpakking. Anderen zijn b.v. alleen gericht op produktie, zodat ze daarvoor net zo lief wat grotere wortels gebruiken (Van Arendonk en Logtenberg).

Van Kruistum is wat somberder over de bereidheid voor het opvolgen van adviezen, aangezien het in sommige gevallen noodzakelijk is dat er investeringen gedaan worden.

De adviezen worden alleen opgevolgd wanneer dat niet ten koste gaat van de produktie.

Men is niet bereid om produktie in te leveren voor kwaliteit. Juist wanneer de prijzen voor witlof laag liggen denkt iedereen dat hij zoveel mogelijk kilo's moet produceren om nog genoeg te kunnen verdienen, terwijl dat macro-economisch precies averechts werkt en door het nog grotere aanbod de prijzen verder worden gedrukt.

Spruit heeft geen probleem met een geringe opbrengstderving als gevolg van vroeger oogsten, wanneer hij daar een betere kwaliteit mee kan produceren, aangezien andere rassen die niet roodgevoelig zijn, zoals Salsa, ook minder opbrengst opleveren. Rassen zoals Rinof hebben een hoge opbrengst, zodat daar wel wat op ingeleverd kan worden.

Adviezen over de voeding, die veelal worden gegeven door de leverende zaadbedrijven en ook wel door DLV, worden volgens Degreef meestal wel opgevolgd. Ook Van Kruistum denkt dat wat voeding betreft alles wel op proefbakken wordt uitgetoetst. Volgens Sarrazijn worden echter de voedingsadviezen niet altijd opgevolgd, voor een deel door het ontbreken van de mogelijkheden daartoe: de voeding van Rinof zou in de praktijk eigenlijk met A en B-bakken moeten gebeuren, maar in België beschikken maar weinig producenten over een dergelijke installatie. Ook Spruit is van mening dat de mogelijkheden om voedingsadviezen op te volgen veel beperkter zijn: in Noord-Holland werkt 20 tot 30 % maar met A+B bakken, terwijl West-Friesland toch nog wel voor loopt op de rest van Nederland. Bovendien denkt hij dat niet alleen de mogelijkheden, maar ook de bereidheid voor het aanpassen van de voeding minder groot is. Zo stelt Sarrazijn dat in het algemeen men beter bereid is om een nieuw ras te gebruiken, dan om een nieuw forceeradvies op te volgen. Wat betreft de bemestingsadviezen kunnen Van Arendonk en Logtenberg de stelling van Sarrazijn onderschrijven. Niet iedereen volgt de adviezen even makkelijk op: men is erg terughoudend, zichzelf ook, en er wordt toch vaak de hoop gevestigd op een nieuw ras, waarvan men verwacht dat het binnen 3 tot 4 jaar wel op de markt zal komen, i.p.v. investeringen te doen in de forceerinrichting wat betreft b.v. de voeding (A+B bak, dubbele A-bak, injectiesysteem).

De telers kunnen het zich volgens Degreef niet permitteren om te wachten op een nieuw ras, maar moeten nu zo goed mogelijk forceren met de middelen die ze hebben en hierin ook durven investeren om de adviezen te kunnen opvolgen.

Meddens is het echter met de stelling van Sarrazijn niet eens, daar het hun juist veel tijd kost om een nieuw ras in de praktijk door te laten komen. Een voordeel van een nieuw ras is wel duidelijker over te brengen, daar je het in de trek naast het oude ras kunt zetten en zodoende het verschil direct aantoonbaar is; dat geldt voor forceertechnieken niet.

3.4. Ontbrekende kennis

Om een *indicatie* te krijgen over de *belangrijkste hiaten* in de kennis over het optreden van kwaliteitskenmerken is gevraagd welk soort onderzoek men het meest urgent acht of welk soort informatie men het meest dringend nodig heeft om in de praktijk de kwaliteitsproblemen effectief te kunnen aanpakken.

Voor de veilingen is het grootste hiaat de informatie die als handgreep kan dienen voor het voorspellen van de houdbaarheid aan de hand van de beginkwaliteit van de krop (Degreef). Ook Ton is het hiermee eens: het toetsen van de houdbaarheid is te laat en de risico's moeten direct gekoppeld kunnen worden aan de eigenschappen en de toestand van het produkt, maar ook aan de produktiemethode.

De grootste hiaten in de fundamentele kennis van witlof bevinden zich in de wortelteelt: er is nog steeds geen goede manier om de rijpheid van de wortel te testen. Ook de Franse dichlorofenol-indofenol test voldoet daar niet aan en wordt dan ook niet veel toegepast. De toestand van de wortel is niet alleen nodig om te weten wanneer de wortels geroid moeten worden, maar ook om specifiek te kunnen rooien voor verschillende tijdstippen van forceren, d.w.z. dat de rooidatum afhankelijk gemaakt zou moeten kunnen worden van de planning voor de verschillende forceriën. Hiervoor is het dus ook belangrijk om te weten hoe de worteltoestand tijdens de bewaring verandert en wat voor consequenties dat heeft voor het forceren, zodat de forceeromstandigheden daaraan kunnen worden aangepast. Dit punt komt altijd en bij alle kwaliteitsproblemen weer terug (Sarrazijn).

Ook bij Nunhems Zaden is men van mening dat een van de duidelijkste hiaten de kennis over de inhoud van de wortel is en hoe die verandert tijdens de teelt en de bewaring. Wat hierbij vooral van belang is, is de relatie tussen de inhoud van de wortel en de uiteindelijke kwaliteit van de krop. Met deze informatie kan men er achter komen wat de oorzaak is van het optreden van de kwaliteitsproblemen, waarna dan onderzocht kan worden hoe die met forceeromstandigheden beïnvloed kunnen worden. Die informatie kan ook aanwijzingen geven over waar men bij de veredeling op zou moeten letten, aangezien de fysiologische ontwikkeling bij alle rassen in principe hetzelfde is (Meddens, Helderma).

In het praktijkonderzoek zijn momenteel de mogelijkheden zo ongeveer wel uitgeput: we komen niet veel verder dan de adviezen om op tijd te oogsten, waarbij wel op de produktie ingeleverd moet worden, en het verlagen van de temperatuur voor de oogst. Er is duidelijk behoefte aan nieuwe informatie over de fysiologische achtergronden van de kropontwikkeling, zoals bv. de pitgroei en het mechanisme van het optreden van kwaliteitsafwijkingen als roodverkleuring. Door fundamenteel onderzoek moeten nieuwe ingangen blootgelegd worden voor het praktijkonderzoek. Wanneer wat meer bekend is over hoe verschillende factoren de kropontwikkeling beïnvloeden, kan weer een vertaalslag naar het praktijkonderzoek gemaakt worden, doordat dan gericht getoetst kan worden met welke aanpassingen in de witlofteelt sturing van de kropontwikkeling mogelijk is (Van Kruistum).

De NTS ziet ook het liefst dat er een stuk basisonderzoek zou worden uitgevoerd, wat bedoeld is om handvaten te leveren voor het praktijkonderzoek. Zij vraagt zich af of wel zo specifiek op een probleem moet worden gericht, zoals b.v. roodverkleuring, daar met een bredere basiskennis door het praktijkonderzoek beter en sneller ingespeeld kan worden op nieuwe problemen die zullen ontstaan, b.v. bij een nieuw ras met een andere handicap (Van Arendonk, Logtenberg, Spruit).

4. Conclusie

Dit onderzoek is opgezet om te inventariseren wat er momenteel bekend is over de oorzaken van het optreden van een aantal kwaliteitsafwijkingen en over de mogelijkheden om het optreden van deze afwijkingen te vermijden dan wel te verminderen. De hypothese die hierbij gebruikt werd berustte op de veronderstelling dat er meer kennis aanwezig is dan waar men nu van op de hoogte is, en dat door een gebrek aan overzicht de mogelijkheden om de aanwezige kennis in zowel de praktijk als in het onderzoek toe te passen niet optimaal benut kunnen worden. Het doel van dit onderzoek was om vast te stellen welke conclusies de bestaande kennis toelaat met betrekking tot de oorzaak van verschillende fysiogene kwaliteitsafwijkingen. Hierbij is onderscheid gemaakt tussen hoe de praktijk de bestaande kennis al kan toepassen bij de probleembeheersing, waar nader praktijkonderzoek nodig is en hoe zij op de bestaande kennis kan voortbouwen, en welk aanvullend fundamenteel onderzoek daarvoor nog nodig is.

Wat men in de praktijk op dit moment kan doen aan probleembeheersing berust op de ervaringen die men zelf heeft opgedaan en de resultaten die het praktijkgericht onderzoek heeft opgeleverd. De inventarisatie van deze praktijkervaring en praktijkonderzoekresultaten heeft deels plaatsgevonden door het bestuderen van publicaties in de vaktijdschriften en deels door het interviewen van personen die bij de praktijk of het praktijkonderzoek betrokken zijn. Uit de interviews blijkt onder meer dat in de praktijk het onderzoek nauwlettend gevolgd wordt en dat men in de praktijk en alle bij de praktijk betrokken instanties nauwkeurig op de hoogte is van de bestaande kennis betreffende het optreden van kwaliteitsproblemen en de mogelijkheden die worden aangedragen om het optreden ervan te vermijden. Omgekeerd leverden ook de resultaten van de interviews over het algemeen geen informatie op die niet reeds in de onderzoeksrapporten of in vaktijdschriften was gepubliceerd. Dit betekent dat naar aanleiding van de in dit onderzoek gedane inventarisatie geen nieuwe mogelijkheden kunnen worden aangedragen voor directe probleembeheersing in de praktijk. Wat vanuit het praktijkgericht onderzoek wordt geadviseerd om problemen als roodverkleuring en bruinrand te vermijden, berust op het gegeven dat de afwijkingen een gevolg zijn van een te grote en te snelle strekkingsgroei door een grote wateropname ('opblazen') aan het einde van de trek van een reeds 'verzwakte' krop. Dit zou men kort kunnen omschrijven als een te sterk forceren, wat leidt tot de adviezen om de kroppen niet te laat te oogsten, rustiger te forceren door gebruik van een lagere forceertemperatuur, en wortels niet vroeger te forceren dan de periode waarvoor ze geschikt zijn. Het tot uitdrukking komen van deze afwijkingen kan worden verminderd door de kroppen na de oogst zo snel mogelijk terug te koelen en tijdens het uitstalleven een zo laag mogelijke temperatuur te handhaven, wat mogelijk een vertragend effect heeft op het proces van verkleuring of op het na de oogst nog doorgroeien van de krop (de pit). Daarnaast wordt geadviseerd om bij voorkeur geen rood-, bruinrand- of bruine pit-gevoelige rassen te gebruiken in de perioden dat het risico voor het optreden van deze kwaliteitsafwijkingen groot is. Uit onderzoek in Frankrijk, maar ook in Nederland en België, blijkt dat het spuiten met of het dompelen van de wortel in een oplossing van calciumchloride voor de trek het optreden van bruine pit kan reduceren en bovendien een remmend effect heeft op natrot. Wat betreft de voedingsoplossing wordt algemeen geadviseerd dat deze voldoende kalium moet bevatten om het risico voor optreden van roodverkleuring en bruinrand te verminderen.

Juist met betrekking tot de samenstelling van de voedingsoplossing zijn de adviezen die worden gegeven niet eenduidig. Het kaliumgehalte van de PAGV-voedingsoplossing is volgens

Van Kruistum hoog genoeg, maar volgens Sarrazijn moet het kaliumgehalte in de laatste fase van forceren verhoogd worden om roodverkleuring en bruinrand te vermijden. Het is hierbij de vraag of beiden het over dezelfde voedingsoplossing hebben. Uit onderzoek op het CABO-DLO (nu AB-DLO) blijkt dat een hoog kaliumgehalte van de voedingsoplossing aan het eind van forceren de calciumopname kan bevorderen. Daar staat tegenover dat in het begin van forceren het calciumtransport achter blijft bij de hogere drogestofredistributie die optreedt bij forceren op een kaliumrijke voedingsoplossing (Reerink, 1993). Het is dus goed mogelijk dat het kaliumgehalte in de PAGV-voedingsoplossing hoog genoeg is voor het einde van de trek, en dat die in het begin van forceren juist lager zou moeten zijn om een grote initiële krogroei en een mogelijk calciumtekort te vermijden. Evenals andere factoren die de initiële krogroei kunnen beïnvloeden, zoals een lagere forceertemperatuur en een laag stikstofgehalte van de voeding in het begin van forceren, zou het verlagen van de kaliumconcentratie van de voedingsoplossing tijdens de eerste groeifase van de krop een mogelijkheid zijn om in het praktijkonderzoek te bestuderen. Een andere factor in de voedingsoplossing die tijdens de eerste forceerfase van belang zou kunnen zijn is het ammoniumgehalte, daar dit niet alleen de initiële krogroei versterkt, maar ook de vorming van zijwortels kan beperken en daardoor het transport van nutriënten naar de krop ook later tijdens forceren kan belemmeren. Naar aanleiding van het advies om ofwel korter ofwel bij een lagere temperatuur te forceren (Van Kruistum) om roodverkleuring en bruinrand te vermijden, zou het misschien zinvol zijn om het effect van beide adviezen op de mate van optreden van roodverkleuring en bruinrand tijdens het uitstalleven te volgen. Dit vanwege het mogelijke verschil in het doorschieten van de pit tijdens het uitstalleven in relatie tot de trektemperatuur (Sarrazijn, Van Kruistum). In het verlengde daarvan zou een mogelijk praktijkonderzoek het terugkoelen van kroppen en wortels voor de oogst betreffen.

In verband met het positieve effect van het voor forceren bespuiten met of dompelen van wortels in een oplossing van calciumchloride op het vermijden van bruine pit, zou het ook interessant zijn te weten of het eveneens een effect heeft op roodverkleuring en bruinrand, vanwege de vermoede betrokkenheid van een calciumdeficiëntie bij deze afwijkingen. Wat betreft de naooogst behandeling is het nog onduidelijk welk effect de verpakking van witlof op het optreden van roodverkleuring en bruinrand heeft, zonder dat daarbij de negatieve invloed op het terugkoelen wordt betrokken. Ook de temperatuur tijdens de oogst, ofwel het temperatuursverschillen tussen forceren, oogst en koelen, en mogelijk de lichtintensiteit (verhoging fenolgehalte), kunnen een rol spelen in het optreden van roodverkleuring. Hoewel een aantal mogelijke relaties tussen het optreden van kwaliteitsafwijkingen als roodverkleuring en bruinrand en de forceeromstandigheden nog uit te testen zijn, is het grootste probleem voor het praktijkonderzoek dat de oorzaak van de problemen en de erbij betrokken processen niet bekend zijn.

In de literatuur werd geen informatie gevonden over hoe roodverkleuring bij witlof noch bij andere planten optreedt. De door Den Outer waargenomen relatie tussen het ontstaan van rode plekken aan de onderzijde van het blad en het knappen van melksapvaten betrof waarschijnlijk geen roodverkleuring maar mogelijk lage temperatuurbederf. Zijn werk heeft wel duidelijkheid verschaft in de locatie van de melksapvaten, die onder de vaatbundels lopen en van daaruit naar beneden kunnen vertakken. Dit levert nog steeds de mogelijkheid op dat roodverkleuring in de vroege trek (uitwendig rood) aan de onderzijde van het blad een gevolg is van het knappen van melksapvaten, maar het is niet waarschijnlijk dat dit voor het inwendig rood in de late trek geldt, daar het zich aan de bovenzijde van het blad bevindt. Een morfologische studie van beide vormen van roodverkleuring zou meer duidelijkheid kunnen verschaffen over de eventuele betrokkenheid van melksapvaten bij het optreden van roodverkleuring. Het proces van verkleuring, of daar nu wel of niet latex bij betrokken zou zijn, wordt in verband gebracht met de oxydatie van fenolen, wat ook het geval is bij bruin-

rand en bruine pit. Het feit dat de genoemde verschijnselen een andere kleur hebben, kan te maken hebben met de afwezigheid van bepaalde enzymen in het weefsel waar roodverkleuring ontstaat, wat echter bevestigd zou moeten worden door identificatie van de stoffen die de roodverkleuring veroorzaken.

Om het proces van fenoloxydatie te laten plaatsvinden is het wel noodzakelijk dat de cellen kapotgaan om de fenolen en de oxydasen bij elkaar te brengen. Bij roodverkleuring wordt dit waarschijnlijk veroorzaakt worden door de grote celstrekking aan het einde van forceren. Evenals bij bruinrand en bruine pit is het vermoeden dat door de strekkingsgroei de cellen daar kapotgaan waar een calciumgebrek heerst en de membranen het zwakst zijn. Bij andere planten is calcium niet gelijk verdeeld over de bladeren en ook niet binnen een blad, maar is het calciumgehalte van de jongste bladeren veel geringer en aan de randen het laagst, zodat bruinverkleuring daar dan ook meestal optreedt. Bruinrand treedt bij witlof echter niet aan de binnenste maar aan de buitenste bladeren op. De kropgroei van witlof wijkt daarentegen op verschillende manieren af van de kropgroei van b.v. sla, andijvie of chinese kool. Ten eerste vindt er in witlof geen fotosynthese plaats, wat bij andere planten vooral in de oudere bladeren optreedt en waardoor de verdamping in die bladeren hoger. Ten tweede wordt bij andere planten meestal niet de opname van calcium als beperkende factor gezien, maar alleen de distributie. Bij witlof hebben we echter niet te maken met een wortelstelsel waar vandaan direct transport naar de krop kan plaatsvinden, maar moet dat via de penwortel plaatsvinden. Er vindt weinig redistributie van calcium uit deze penwortel plaats en in het begin van forceren is ook de calciumopname nihil, zodat het calciumtransport naar de krop zeer gering is, wanneer de oudste bladeren worden gevormd. Niet alleen bruinrand maar ook roodverkleuring treedt bij witlof juist in de buitenste oudere bladeren op. Over de distributie van calcium in de verschillende bladeren van de witlofkrop is echter niets bekend, laat staan over de verdeling binnen de bladeren. In eerste instantie zal dan ook onderzoek verricht moeten worden naar de distributie van calcium binnen de krop, om meer zekerheid te krijgen over de rol van calcium in roodverkleuring en bruinrand, en vervolgens naar de mogelijkheden om de calciumopname en -distributie direct of indirect te kunnen sturen. Factoren die de opname van calcium kunnen beïnvloeden zijn de ontwikkeling van zijwortels, de samenstelling van de voedingsoplossing, de temperatuur en de relatieve luchtvochtigheid. Ook de samenstelling van de wortel bepaald hoeveel calcium er, in verhouding tot andere mineralen en drogestof, naar de krop wordt getransporteerd.

Een andere overeenkomst tussen roodverkleuring en bruinrand is dat ze allebei het meest voorkomen in kroppen met een lange pit, terwijl bruine pit juist veel voorkomt bij een korte pit, wat mogelijk te maken zou kunnen hebben met een verschillende distributie van calcium door concurrentie om calcium tussen pit- en bladgroei. Deze concurrentie speelt in elk geval wel een rol bij het optreden van bruinrand in relatie tot het schieten van chinese kool.

Waarschijnlijk is niet zozeer de lengte van de pit negatief gecorreleerd aan het optreden van roodverkleuring en bruinrand bij witlof, maar eerder het moment waarop de pit gaat schieten, oftewel de pitgroeisnelheid in het begin van forceren. Dit is afhankelijk van de fysiologische toestand van de wortel, zodat de samenstelling van de wortel niet alleen van invloed is op de opname van calcium, maar ook op de distributie in de krop. Om de calciumdistributie te kunnen sturen zal daarom ook onderzocht moeten worden op welke manier de samenstelling van de wortel deze beïnvloed en hoe dat verandert tijdens bewaring.

Het verschil in fysiologische toestand van de wortel heeft ook te maken met de veranderingen in de hormoonhuishouding, waardoor de pit geneigd is eerder te schieten na een langere bewaring. Hormonen zouden echter ook een directere invloed op de calciumdistributie in de krop kunnen hebben dan alleen via de pitgroei. Bij andere planten blijken zowel gibberellines als auxines het calciumtransport en de -distributie naar de verschillende bladeren te kunnen

beïnvloeden. Ook over de hormonale regulatie en de invloed van het vernalizeren (koude bewaring) daarop is bij witlof geen onderzoek gedaan.

Mogelijk is er ook een relatie tussen het optreden van roodverkleuring en bruinrand met het doorgroeien van de pit na de oogst van de krop, vooral ook omdat dan juist deze afwijkingen optreden. Wanneer de krop eenmaal is afgesneden is er geen mogelijkheid meer om voor verdere pitgroei water op te nemen, wat betekent dat er redistributie vanuit de bladeren moet plaatsvinden. Het is dan evengoed mogelijk dat er ook redistributie van calcium optreedt. Het zou daarom ook belangrijk zijn om te onderzoeken of roodverkleuring en bruinrand alleen voorkomen bij afgesneden kroppen of ook bij het uitstallen van kroppen met wortels en bij langer doorforceren, wanneer de pit ook verder zal doorschieten.

Volgens Meddens vinden in verschillende rassen dezelfde fysiologische processen plaats, maar verschillen ze alleen in ontwikkelingssnelheid. Als dat het geval is zou het belangrijk zijn om te onderzoeken welke processen bij roodgevoelige rassen anders verlopen dan bij andere rassen, b.v. bruine pit- of bruinrand-gevoelige rassen. Het is hierbij met name interessant of er een verschil is in de calciumdistributie, de wortelsamenstelling en de verandering daarin tijdens bewaring en de pitgroei.

Literatuur

anonymous, 1977.

Bewaren van witloof. Boer en Tuinder. 83: 1, 13.

anonymous, 1987.

Effect of covering and foliar spray on Chinese cabbage tipburn and internal rot. 1984 Progress Report, Asian Vegetable Research and Development Centre. Tainan, Taiwan; AVRDC 397-399.

anonymous, 1991.

Westvlaamse Proeftuin voor Industriële Groenten. Verslag 1990. Beitem-Roeselare, Belgium; Provinciaal Onderzoek- en Voorlichtingscentrum voor Land- en Tuinbouw 417 pp.

anonymous, 1992^a.

Witlof diep koelen zonder lage temperatuurbederf. Groenten + Fruit/Vollegroondsgroenten 41 - 9 oktober, 4-5.

anonymous, 1992^b.

Point noir in witlof ontstaat door droogte. Groenten + Fruit/Vollegroondsgroenten 42 - 16 oktober, 4-5.

anonymous, 1993^a.

Houdbaarheid witlof valt tegen. Groenten + Fruit/Vollegroondsgroenten 24-18 juni, 4.

anonymous, 1993^b.

Verdamping bevorderen (Tip van de week). Groenten + Fruit/Vollegroondsgroenten 41 - 15 oktober, 15.

anonymous, 1993^c.

Verlagen (Tip van de week). Groenten + Fruit/Vollegroondsgroenten 45 - 12 november, 23.

anonymous, 1993^d.

Ook lage RV helpt tegen roodverkleuring. Groenten + Fruit/Vollegroondsgroenten 9 - 5 maart, 5.

anonymous, 1993^e.

Roodverkleuring tegengaan met extra kalium. Tuinbouw Visie 5: 189 - 12 februari, 13-14.

anonymous, 1993^f.

Nadere informatie over roodverkleuring en ontsmetting recirkulatiewater. Tuinbouw Visie 5: 190 - 19 februari, 14-16, 25-26.

anonymous, 1994.

Rustig forceren. (Tip van de week), Groenten + Fruit/Vollegroondsgroenten 11 - 18 maart, 23.

Aaldering, T., 1992.

Bruinrand beperken met verticale luchtkanalen. Groenten + Fruit/Vollegroondsgroenten 9 - 28 februari, 24.

Aaldering, T., 1993.

Witlof. Groenten + Fruit/Vollegroondsgroenten 47 - 26 november, 21.

Aaldering, T., 1994^a.

Calciumchloride raakt ingeburgerd. Groenten + Fruit/Vollegroondsgroenten 11 - 18 maart 1994, 18.

Aaldering, T., 1994^b.

Witlof. Groenten + Fruit/Vollegroondsgroenten 3 - 21 januari 1994, 22.

Aloni, B., 1986.

Enhancement of leaf tipburn by restricting root growth in Chinese cabbage plants. J. Hortic. Sci. Ashford : Headley Brothers Ltd. (Oct 1986) 61(4), 509-513.

Aloni, B.; Pashkar, T.; Libel, R., 1986.

The possible involvement of gibberellins and calcium in tipburn of Chinese cabbage: study of intact plants and detached leaves. *Plant Growth Regulation (Netherlands)* 4(1), 3-11.

Badila, P.; Paulet, P., 1986.

Esters hydroxycinnamiques et induction photoperiodique florale in vitro chez *Cichorium intybus*. *Physiologia Plantarum* 66: 1, 15-20

Banuelos, G.S.; Bangerth, F.; Marschner, H., 1988.

Basipetal auxin transport in lettuce and its possible involvement in acropetal calcium transport and incidence of tipburn. *Journal of Plant Nutrition* 11: 5, 525-533

Barta, D.J.; Tibbitts, T.W., 1986.

Effects of artificial enclosure of young lettuce leaves on tipburn incidence and leaf calcium concentration. *Journal of the American Society for Horticultural Science (USA)* (May 1986). 111(3), 413-416.

Barta, D.J.; Tibbitts, T.W., 1987.

[Abstract]. *Journal of Plant Nutrition* 10: 9/16, 1935.

Barta, D.J.; Tibbitts, T.W., 1991^a.

Use of electron microprobe X-ray analysis for determination of low calcium concentrations across leaves deficient in calcium. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 22: 7-8, 729-753.

Barta, D.J.; Tibbitts, T.W., 1991^b.

Calcium localization in lettuce leaves with and without tipburn: comparison of controlled-environment and field-grown plants. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 116: 5, 870-875.

Benoit, F.; Ceustermans, N., 1987.

Herfst-, winter- en voorjaarskropsla in NFT. *Boer en de Tuinder*. 93: 35, 21.

Berghoef, J., 1986.

Effect of calcium on tipburn of *Lilium* 'Pirate'. *Acta Horticulturae* 177(2), 433-438.

Berkel, N. van, 1988.

Preventing tipburn in chinese cabbage by high relative humidity during the night. *Netherlands Journal of Agricultural Science* 36: 3, 301-308

Bert, J.S. Jr.; Honma, S., 1975.

Effect of soil moisture and irrigation method on tipburn and edgeburn severity in greenhouse lettuce [Physiological diseases]. *Journal American Society for Horticultural Science (USA)*. (May 1975) 100(3), 278-282.

Biesheuvel, A., 1994.

Middenvroege trek heeft houdbare rassen. *Groenten + Fruit/Vollegroondsgroenten* - no. 12 - 25 maart, 6-7.

Blankvoort, M., 1991.

Onderzoek - witlof. Op tijd oogsten positief voor houdbaarheid. *Groenten + Fruit, Vollegroondsgroenten* 1: 42, 8-9; 2 pl.

Boesten, M., 1992.

Kwaliteit witlof kan veel beter. *Groenten + Fruit/Vollegroondsgroenten* 20 - 15 mei, 14-15.

Borkowski, J., 1988.

The effect of growth regulators on the healthiness, growth and sprouting of inflorescence of lettuce. English abstract of: Wplyw regulatorow wzrostu na zdrowotnosc, wzrost i wybijanie salaty w pedy kwiatostanowe. *Acta Agrobotanica* 41: 2, 275-284.

Bosma, K.W., 1992.

Nieuwe wortels in de startblokken. *Groenten + Fruit/Vollegroondsgroenten* 34 - 21 augustus, 14-15.

- Broek, R. van den, 1994.
Natrot verminderen met calciumzouten. Groenten + Fruit/Vollegroondsgroenten 9 - 4 maart, 4-5.
- Broek, R. van den & P. Dekker, 1993.
Oogst geen lof met kleurafwijkingen. Groenten + Fruit/Vollegroondsgroenten 51 - 31 december, 14-15.
- Bruyn, J.M. de; Voogt, W., 1989.
Aardbei. Welke EC-waarde voldoet het best in herfstteelt? Groenten en Fruit 45: 3, 30.
- Collier, G.F., 1983.
Leaf growth and calcium distribution in relation to lettuce tipburn [nutrient deficiency]. Journal of the Science of Food and Agriculture (UK) 34(3), 264.
- Collier, G.F.; Huntington, V.C., 1983.
The relationship between leaf growth, calcium accumulation and distribution, and tipburn development in field-grown butterhead lettuce. Scientia Horticulturae (Netherlands) 21(2), 123-128.
- Collier, G.F.; Tibbitts, T.W., 1984.
Effects of relative humidity and root temperature on calcium concentration and tipburn development in lettuce [*Lactuca sativa*]. Journal American Society for Horticultural Science (USA) 109(2), 128-131.
- Collier, G.F.; Wurr, D.C.E., 1981.
The relationship of tipburn incidence in head lettuce to evaporative water loss and leaf dimensions. Journal of Horticultural Science (UK) 56(1), 9-13.
- Cox, E.F.; McKee, J.M.T.; Dearman, A.S., 1976.
The effect of growth rate on tipburn occurrence in lettuce [England]. Journal of Horticultural Science (UK) 51(3), 297-309.
- Crisp, P.; Collier, G.F.; Thomas, T.H., 1976.
The effect of boron on tipburn and auxin activity in lettuce. Scientia Horticulturae (Netherlands) 5(3), 215-226.
- De Proft, M., G. Claessens, E. Schrevens & A. Van Laere, 1991.
Invloed van de stikstofbemesting op ontwikkeling en productiviteit witloofplant. Tuinbouw Visie 4 oktober; Dossier Witloof, 16+24
- Degreef, P., 1994.
Norm voor bruine pit versoepeld. Groenten + Fruit/Vollegroondsgroenten 12 - 25 maart, 9.
- DO Huett, 1994.
Growth, Nutrient Uptake and Tipburn Severity of Hydroponic Lettuce in Response to Electrical Conductivity and K:ca Ratio in Solution, Australian Journal of Agricultural Research 45: 1, 251-267
- Embrechts, A.; Pijnenburg, H.; Wijk, C. van, 1989.
Krulandijvie. Rassen verschillen nauwelijks in gevoeligheid voor rand. Groenten en Fruit 44: 43, 59.
- Fouldrin, K.; Limami, A.; Lamaze, T., 1993.
Calcium (⁴⁵Ca) mobility in chicory root (*Cichorium intybus* L.) as affected by the anionic composition of the nutrient solution during forcing. Journal of the American Society for Horticultural Science 118(5), 587-592
- Fujiyama, H., 1989.
Studies on responses of plants grown on sand dune soil to a nutrient solution applied by drip irrigation. III. Effect of activity ratio of potassium to calcium and magnesium in nutrient solution on lettuce growth. Soil Science and Plant Nutrition 35: 4, 645-649.

- Goto, E.; Takakura, T., 1990.
Prevention of lettuce tipburn by environmental control. Paper - American Society of Agricultural Engineers 90-4033, 14 pp.
- Goto, E.; Takakura, T., 1992^a.
Prevention of lettuce tipburn by supplying air to inner leaves. Transactions of the American Society of Agricultural Engineers (Mar/Apr 1992) 35: 2, 641-645; Presented as ASAE Paper No. 90-4033.
- Goto, E.; Takakura, T., 1992^b.
Promotion of Ca accumulation in inner leaves by air supply for prevention of lettuce tipburn. Transactions of the American Society of Agricultural Engineers. (Mar/Apr) 35: 2, 647-650.
- Goupy, P.M.; Varoquaux, P.J.A.; Nicolas, J.J.; Macheix, J.J., 1990.
Identification and localization of hydroxycinnamoyl and flavonol derivatives from endive (*Cichorium endivia* L. cv. Geante Maraichere). Journal of Agricultural and Food Chemistry 38: 12, 2116-2121.
- Groot, K., 1993.
Kwaliteit sturen met juiste koeling. Groenten + Fruit/Vollegroondsgroenten 20 - 21 mei, 6.
- Imai, H., 1987.
NH₄-N toxicity and calcium deficiency in tipburn and internal rot in Chinese cabbage. FFTC/ASPAC-Book Series. No. 36, 21-48; Proceedings of a seminar on improved vegetable production in Asia, Chiang Mai, Thailand, 21-23 Oct. 1986.
- Imai, H., 1990.
Alleviation of occurrence of tipburn and internal rot in tropical Chinese cabbage. Tropical Agriculture Research Series. No. 23, 203-217; Presented at the international symposium on production of vegetables in the tropics and sub-tropics, Tsu, Japan, 20-22 Sep. 1989.
- Imai, H.; Ma, C.H.; Wu, D.L., 1988.
Effect of time, form and concentration of nitrogen application on Chinese cabbage [*Brassica chinensis*] tipburn. Japanese Journal of Tropical Agriculture (Japan) 32(2), 85-94.
- Ittersum, M.K. van & A.H. van Schaik, 1993.
Algemene kwaliteitsaspecten (6.3 Consumptie-aardappelen), Produktkunde, Vakgroep Agronomie LUW.
- Jeurissen, J.; Wijk, C. van, 1989.
Radicchio rosso. Bespuiting met kalksalpeter weinig effectief tegen rand. Groenten en Fruit 44: 40, 56-57.
- Johnson, J.R., 1991^a.
Calcium nutrition and cultivar influence incidence of tipburn of collard. HortScience 26: 5, 544-546.
- Johnson, J.R., 1991^b.
Calcium accumulation, calcium distribution, and biomass partitioning in collards. Journal of the American Society for Horticultural Science 116: 6, 991-994.
- Jolivet, E.; Fiala, V.; Laville, J.; Cochet, J.P., 1988.
Prevention de la coloration brune de l'axe du chicon d'endive par traitement de la racine par une solution de chlorure de calcium. Revue Horticole 283, 33-38.
- Kirkby, E.A. & D.J. Pilbeam, 1984.
Calcium as a plant nutrient. Plant, Cell and Environment 7, 397-405
- Kruistum, G. van, 1988.
Bruine pit terugdringen door juiste rassenkeus. Groenten en Fruit 44: 24, 70-71.
- Kruistum, G. van, 1993.
Fysiologische afwijkingen van de witlofkrop, hoe te vermijden? PAGV, Lelystad, 13 pp.

- Kruistum, G. van & A. Biesheuvel, 1992.
Smetteloois wit ligt onder vuur. Groenten + Fruit/Vollegroondsgroenten 49 - 4 december, 6-7.
- Kruistum, G. van & A. Biesheuvel, 1993.
Voeding stuurt kwaliteit en uitstalleven. Groenten + Fruit/Vollegroondsgroenten 9 - 5 maart, 12-13.
- Kruistum, G. van & A. Embrechts, 1994.
Roodverkleuring harder aanpakken. Groenten + Fruit/Vollegroondsgroenten 9 - 5 maart, 20-21.
- Kuo, C.G.; Tsay, J.S.; Tsai, C.L.; Chen, R.J., 1981.
Tipburn of Chinese [*Brassica campestris* ssp. *pekinensis* Rupr.] in relation to calcium nutrition and distribution. *Scientia Horticulturae* (Netherlands) (Feb) 14(2), 131-138.
- Legrand, B., 1977.
Action de la lumiere sur les peroxydases et sur la teneur en composés phenoliques de tissus de feuilles de *Cichorium intybus* L. cultivés in vitro. *Biologia Plantarum* 19: 1, 27-33.
- Legrand, B.; Bouazza, A., 1991.
Changes in peroxidase and IAA-oxidase activities during adventitious bud formation from small root explants of *Cichorium intybus* L: influence of glucose. *Journal of Plant Physiology* 138: 1, 102-106.
- Legrand, B.; Gaspar, T.; Penel, C.; Greppin, H., 1976.
Light and hormonal control of phenolic inhibitors of peroxidase in *Cichorium intybus* L. *Plant Biochemical Journal* 3: 2, 119-127.
- Lekve, O., 1970.
Zur Produktion von Chicoree und Schlussfolgerungen für eine Erhöhung des Anbaus, *Deut-Gartenbau* (Nov) 17 (11), 298-299.
- Limami, A.; Lamaze, T., 1991.
Calcium (⁴⁵Ca) accumulation and transport in chicory (*Cichorium intybus* L.) root during bud development (forcing). *Plant and Soil* 138: 1, 115-121.
- Loneragan, J.F. & K. Snowball, 1969.
Calcium requirements of plant roots and its relation to growth. *Australian Journal of Agricultural Research*, 20, 465-478.
- Maaswinkel, R.H.M., 1987.
Mogelijkheden van krulandijvie voorsnog beperkt tot het voorjaar. *Groenten en Fruit* 43: 10, 24-25.
- Maaswinkel, R.H.M., 1988.
Krulandijvie heeft mogelijkheden, maar dan vooral in voorjaar. *Groenten en Fruit* 44: 6, 30-31.
- Maroto, J.V.; Alagarda, J.; Pascual, B.; Lopez-Galarza, S.; Cebolla, B., 1986.
Tipburn incidence on Chinese cabbage (*Brassica campestris* L. ssp. *pekinensis* Rupr.) cultivated under greenhouse [conditions] and its prevention by application of a high calcium foliage fertilizer. Foliar fertilization [edited by Alexander, A.]. *Developments in Plant and Soil Sciences* 22, 325-334. Dordrecht, Netherlands; Martinus Nijhoff Publishers.
- Marschner, H., 1986.
Mineral nutrition of higher plants. Academic Press, 674 pp.
- Maynard, D.N.; Warner, D.C.; Howell, J.C., 1981.
Cauliflower leaf tipburn: a calcium deficiency disorder [Varieties, nutritional deficiencies]. *HortScience* (USA) (Apr) 16(2), 193-195.
- Mazza, G. & E. Miniati, 1993.
Anthocyanins in fruits, vegetables, and grains. CRC Press, 362 pp.

Misaghi, I.J.; Matyac, C.A.; Grogran, R.G., 1981.

Soil and foliar applications of calcium chloride and calcium nitrate to control tipburn of head lettuce. *Plant Diseases (USA)* (Oct) 65(10), 821-822.

Mohamed-Yasseen, Y.; Paulet, P.; Splittstoesser, W.E., 1989.

Changes in IAA, phenolic compounds, diphenyl oxidase, IAA oxidase and peroxidase in relation to flower and root formation of endive in vitro. *Proceedings of the Plant Growth Regulator Society of America. 16th Annual Meeting, Arlington, Virginia, USA, (6-10 August), 202-209; Ithaca, New York, USA; Plant Growth Regulator Society of America.*

Mohamed-Yasseen, Y.; Splittstoesser, W.E., 1990^a.

The relationship of several enzymes with IAA and phenols on flower induction in endive. *Plant Growth Regulator Society of America Quarterly* 18: 3, 133-139.

Mohamed-Yasseen, Y.; Splittstoesser, W.E., 1990^b.

Phenolic compounds, oxidative enzymes and their relationship with discoloration in endive (*Cichorium intybus* L.). *Proceedings of the Interamerican Society for Tropical Horticulture* 34, 79-82; XXXVI Annual meeting, Kingston, Jamaica, 27 April-3 May 1990.

Olson, K.C., T.W. Tibbitts & B. Esther Struckmeyer, 1967.

Morphology and significance of laticifer rupture in lettuce tipburn, *Journal of the American Society for Horticultural Science* 91, 377-385

Ostrzycka J.; Borkowski J.; Jankiewicz L.S., 1989.

The influence of naphthalene acetic acid (NAA) on tipburn of internal leaves of lettuce (*Lactuca sativa* L.). *Acta Agrobotanica* 42(1-2), 55-62.

Outer, R.W. den, 1989.

Internal browning of witloof chicory (*Cichorium intybus* L.). *Journal of Horticultural Science* 64: 6, 697-704.

Outer, R.W. den, 1990.

Onderzoek naar associatie van scheuren van latexbuizen met optreden bruinrand. Brief aan G. van Kruistum, PAGV, 28 augustus.

Outer, R.W. den, 1993.

Association of laticifer rupture with red discoloration of Witloof chicory (*Cichorium intybus* L.). Unpublished results.

Paulet, P., 1979.

Sur la regulation de la neoformation florale in vitro. *Physiologie Vegetale* 17: 3, 631-641.

Pressman, E.; Shaked, R.; Arcan, L., 1993.

The effect of flower-inducing factors on leaf tipburn formation in Chinese cabbage. *Journal of Plant Physiology* 141: 2, 210-214.

Reerink, J.A., 1993.

Onderzoek naar factoren en processen die de produktie en kwaliteit van witlof beïnvloeden. Verslag 170, CABO-DLO, Wageningen, december, 174 pp.

Roelands, C., 1994.

Rode gloed door complex van factoren. *Groenten + Fruit/Vollegrondsgroenten* 5 - 4 februari, 11.

Rosen, C.J., 1990.

Leaf tipburn in cauliflower as affected by cultivar, calcium sprays, and nitrogen nutrition. *HortScience* 25: 6, 660-663.

Rosen, C.J.; Buchite, H.J.; Ahlstrand, G.G., 1987.

Cauliflower response to gypsum on a coarse-textured soil: relationship between tipburn and leaf nutrient distribution. *Journal of Plant Nutrition* 10: 9/16, 1925-1934.

Schoneveld, J. & H. Versluis, 1993.

Noodzaak direct inkoelen op de helling. *Groenten + Fruit/Vollegrondsgroenten* 41 - 15 oktober, 8-9.

Sheldrake, A.R., 1969.

Cellulase in latex and its possible significance in cell differentiation, *Planta* 89, 82-84

Smierzchalska, K.; Borkowski, J.; Wojniakiewicz, E.; Swiniarski, D.; Swiderski, G., 1989.

Calcium uptake and accumulation by celeriac. English abstract of: Pobieranie i akumulacja wapnia w roslinach selera. *Biuletyn Warzywniczy. Suppl. II*, 101-106.

Steenhuizen, J.W., 1986.

Het nitraatgehalte van sla op voedingsfilm. 4. Ammonium/nitraatverhoudingen. Invloed vervanging 15, 12, 8 en 4 dagen voor de oogst door hoger ammoniumaandeel of stikstof-vrije oplossing op de externe kwaliteit. Rapport, Instituut voor Bodemvruchtbaarheid, Netherlands. No. 6, 85 pp.

Steenhuizen, J.W., 1987.

Het nitraatgehalte van sla op voedingsfilm. 5. Invloed temperatuur van het wortelmilieu, stikstofconcentraties en constante, toe- of afnemende ammonium/nitraatverhoudingen gedurende teelt. Rapport, Instituut voor Bodemvruchtbaarheid, Netherlands. No. 5-87, 127 pp.

Suhonen, I., 1991.

Growth, bolting and yield quality of 'radicchio rosso'. *Scientia Horticulturae* 46: 1-2, 25-31.

Tanaka, Y.; Langerak, D.I., 1975.

Effects of gamma -irradiation on quality and enzyme activities of prepacked cut chicory. *Journal of Food Technology* 10: 4, 415-425.

Tibbitts, T.W., B.E. Struckmeyer & R. Rama Rao, 1964.

Tipburn of lettuce as related to release of latex, *Journal of the American Society for Horticultural Science* 86, 463-467.

Tibbitts, T.W.; Bensink, J.; Kuiper, F.; Hobe, J., 1985.

Association of latex pressure with tipburn injury of lettuce. *Journal of the American Society for Horticultural Science (USA)* (May) 110(3), 362-365.

Titulaer, M. & G. van Kruistum, 1991.

Stikstofgehalte en wortelkwaliteit, *Tuinbouw Visie* 4oktober; Dossier Witloof, 14

Vavrina, C.S.; Obreza, T.A.; Cornell J., 1993.

Response of Chinese cabbage to nitrogen rate and source in sequential plantings. *Hortscience* 28(12), 1164-1165

Versluis, H.P., 1993.

Uitdrogen te beperken, niet te voorkomen. *Groenten + Fruit/Vollegroondsgroenten* 36 - 10 september, 8-9.

Vertrees, G.L.; Mahlberg, P.G., 1978.

Structure and ontogeny of laticifers in *Cichorium intybus* (Compositae). *American Journal of Botany (USA)* (Aug) 65(7), 764-771.

Voogt, W., 1988.

K/Ca ratios with butterhead lettuce grown in recirculating water. *Proceedings International Congress on Soilless Culture, International Society for Soilless Culture, Wageningen, Netherlands; International Society for Soilless Culture*, 469-482.

Yanagi, A.A.; Bullock, R.M.; Cho, J.J., 1983.

Factors involved in the development of tipburn in crisphead lettuce in Hawaii [Physiological disorder]. *Journal American Society for Horticultural Science (USA)* (Mar) 108(2), 234-237.